

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO PARA UNA EDIFICACIÓN DE 5
NIVELES, SEGÚN LAS NORMAS COLOMBIANAS DE SISMORESISTENCIA
NSR-98 Y LA NSR-10, EN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA INTERMEDIA**

**ADOLFO MARIO AHUMADA MASTRODOMÉNICO
MANUEL ANTONIO BARRERA DIAZ
KEVYN EDUARDO DE SALES VERGARA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA
FACULTAD DE INGENIERIAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS
BARRANQUILLA
2013**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO PARA UNA EDIFICACIÓN DE 5
NIVELES, SEGÚN LAS NORMAS COLOMBIANAS DE SISMORESISTENCIA
NSR-98 Y LA NSR-10, EN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA INTERMEDIA**

**ADOLFO MARIO AHUMADA MASTRODOMÉNICO
MANUEL ANTONIO BARRERA DIAZ
KEVYN EDUARDO DE SALES VERGARA**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de
Especialista en estructuras**

**Director
JORGE BUZON OJEDA
Ingeniero civil
Especialista en Estructuras**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA
FACULTAD DE INGENIERIAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS
BARRANQUILLA
2013**

Nota de Aceptación:

Jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla, agosto 15 de 2013

Los autores agradecen:

A la CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA por poner en nuestra carrera docentes con calidad humana y conocimientos diversos que me fortalecieron como profesional.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil por su apoyo íntegro y herramientas documentales otorgadas.

Al ingeniero Jorge Buzón Ojeda, Director del Proyecto por su colaboración en el desarrollo técnico de este trabajo.

A todas las personas que de una u otra forma nos enseñaron, guiaron y estuvieron con nosotros en esta etapa de nuestra vida, les agradecemos de corazón. Dios los ha de bendecir a todos.

RESUMEN

En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio comparativo de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, del año 1998 NSR-98 y del año 2010 NSR-10 (Ley 400 de 1997 y sus decretos reglamentarios), enfocado al diseño y construcción estructural con el sistema aporticado, y otros aspectos importantes que se relacionan en los resultados estructurales de cada una de las normas en iguales condiciones geográficas, espacio y tiempo.

A la hora de realizar un proyecto o llevar a cabo una obra de construcción es muy importante el diseño estructural para garantizar un comportamiento eficiente cuando algunos factores puedan ocasionar inestabilidad, los cuales pueden ser: por razones dimensiones, geológicas y vientos.

En este proyecto se desarrolla una comparación que se presenta entre la NSR-98 y NSR-10, para diseñar estructuras sismo resistentes, los tipos de estructuras desarrollados en este proyecto son los que normalmente se usan en nuestro país, además se presentan las ventajas y desventajas que se pueden tener en cuenta en el momento de determinar cuál es el tipo de estructura que mejor se ajusta a las condiciones generales del proyecto.

Para poner en perspectiva las últimas dos actualizaciones en normas sismo resistentes, se analiza una estructura de idénticas características geométricas y posteriormente se analizarán los resultados entre las NSR-98 y la NSR-10, destacando los aspectos más significativos arrojados por dichos diseños.

PALABRAS CLAVES: Sismoresistencia, Diseño, NSR98, NSR10

SUMARY

In this paper we conducted a comparative study of Colombian standards for Earthquake Resistant Design and Construction, in 1998 and NSR-98 in 2010 NSR-10 (Act 400 of 1997 and its implementing regulations), focused on the design and structural construction with frame system, and other important aspects that relate to the structural results of each of the standards in the same geographical space and time.

When a project or carry out a construction site is very important to the structural design to ensure efficient behavior when some factors may lead to instability, which can be, for reasons dimensions, geological and winds.

This project is presented a comparison between the NSR and NSR-98-10, to design earthquake resistant structures, types of structures developed in this project are typically used in our country, and presents the advantages and disadvantages can be taken into account when determining what type of structure that best meets the general conditions of the project.

To put in perspective the last two updates in earthquake-resistant standards, analyzing a structure identical geometric characteristics and then analyze the results between the NSR and the NSR-98-10, highlighting the most significant aspects thrown by these designs.

KEYWORD: Earthquake, Resistance, Design, NSR98, NSR10

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4. MARCO REFERENCIAL.	20
4.1 ANTECEDENTES.....	20
4.2 MARCO HISTÓRICO.....	23
4.3 MARCO TEÓRICO	26
4.3.1 Generalidades	26
4.4 MARCO LEGAL.....	27
4.5 AVANCES	28
5 DISEÑO METODOLOGICO.....	31
5.1 UBICACIÓN.....	31
5.2 MATERIALES	32
5.2.1 Materiales de apoyo.....	32
5.2.2 Materiales de campo.....	32
5.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS	32
5.4 METODOLOGIA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL ENTRE LA NSR98 Y NSR10.....	33
5.4.1 PREDIMENSIONAMIENTO Y ANALISIS DE CARGA	33
5.4.2 LOCALIZACIÓN, ZONA DE AMENAZA SÍSMICA	39
5.4.3 MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO.....	43
5.4.4. CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DE MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO.....	52

5.4.5 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DE ANALISIS	55
5.4.6 DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS Y ANALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA.....	59
5.4.7 EVALUACIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS.....	64
5.4.8 REQUISITOS DE LA DERIVA	65
6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	67
7. CONCLUSIONES	74
8. GLOSARIO.....	75
9. BIBLIOGRAFIA.....	78

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Ubicación centro comercial del proyecto	29
Figura 2. Mapa zona de amenaza sísmica NSR 98	32
Figura 3. Coeficiente de aceleración mapa zona de amenaza sísmica 98	33
Figura 4. Mapa zona de amenaza sísmica NSR 10	34
Figura 5. Espectro de diseño del 98	34
Figura 6. Espectro elástico de diseño NSR 10	35
Figura 7. Sistema estructural de resistencia sísmica	35
Figura 8. Tipos de estructuras	55
Figura 9. Capacidad de disipación de energía	56
Figura 10. Zona de amenaza sísmica	57
Figura 11. Irregularidad en planta	58
Figura 12. Irregularidad en altura	60
Figura 13. Disipación de energía	61

LISTA DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Masa de los materiales	36
Cuadro 2. Carga muerta mínima en elementos no estructurales	37
Cuadro 3. Carga Elementos no estructurales verticales	38
Cuadro 4. Cargas vivas	40
Cuadro 5. Cargas vivas en cubiertas	41
Cuadro 6. valores de A_a y A_v	45
Cuadro 7. valores de coeficiente de sitio	47
Cuadro 8. Valores coeficiente de importancia	49
Cuadro 9. valores de coeficiente F_a	52

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. RESULTADOS ESTRUCTURAL DE LA NSR98

Anexo B. RESULTADOS ESTRUCTURAL DE LA NSR10

Anexo C. C.D. PLANO ESTRUCTURAL DE LA NSR98

Anexo D. C.D. PLANO ESTRUCTURAL DE LA NSR10

INTRODUCCIÓN

El campo de la ingeniería civil como ciencia aplicada en el campo de diseño de estructuras, es relativamente nueva, teniendo en cuenta la edad de la especie humana, debido a experiencias adquiridas por los conocedores e ingenieros a través de la historia y de los esfuerzos realizados por investigadores, quienes se han encargado de racionalizar los estudios y diseños en el área de estructuras, basándose en los avances científicos y tecnológicos.

El Decreto 1400 de 1984 reglamentó el primer código oficial que existió para construcciones en Colombia, el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, CCCSR-84, elaborado con base en el trabajo del Comité AIS-100 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, y creado por orden presidencial a raíz de los importantes daños causados en Popayán por el sismo de 1983. Este código, que se utilizó por más de 14 años, se reemplazó con la actualización que la AIS preparó en su versión AIS-100-97, y que se instituyó mediante la Ley 400 de 1997, reglamentada por los decretos 33 de 1998, 34 de 1999, 2809 de 2000 y 52 de 2002. La siguiente norma que se aprobó es La NSR-10, que según la ley 1229 de 2008 y teniendo en cuenta decretos como decreto 523, decreto Nacional 926, es la que finalmente rige las normas de construcción sismo resistente en Colombia¹.

Las normatividades sismo resistentes en Colombia son relativamente nuevas, y han surgido debido a que nuestro país se encuentra en un alto riesgo sísmico debido a su ubicación geográfica siendo rodeada por el pacífico por el cinturón de fuego y a la triple unión de placas como son la placa sudamericana y del Caribe. En esta zona hay cuatro zonas de alto riesgo sísmico ubicadas en los departamentos de Nariño, Cauca, el Choco, el Eje Cafetero, Santander y Norte de Santander.

¹ JUAN CAMILO GÓMEZ CANO structural design procedures based on nsr-98 errors, examples and update proposals

En esta ocasión se hará énfasis en nuestras últimas normas sismo resistente en las cuales confiamos al momento de diseñar estructuras, ya sea desde una vivienda familiar hasta grandes edificaciones, hospitales, puentes y muchas otras obras estructurales. Hablamos de la NSR -98 y la NSR-10. Se hará un análisis profundo, comparando los cambios encontrados al diseñar una estructura importante con ambas normas, lo cual nos mostrara el avance de la norma al incluir nuevos parámetros y factores que garantizaran una estructura sismo resistente.

Con este proyecto se podrá estudiar como los estratos del suelo son fundamentales en el momento en que una estructura recibe un evento sísmico, también se analizara el desempeño que presenta la estructura cuando es diseñada utilizando la norma NSR-98 y NSR-10. Se modelara la estructura utilizando un software de diseño que nos permitirá conocer las formas en que podría fallar nuestra estructura, para así analizar los puntos críticos de la estructura y de allí establecer el que sería el mejor diseño para esta estructura. Cabe destacar que se ha escogido un lugar donde la sismología es alta para exigirle más al proyecto y que los resultados sean muy útiles y capaces de darnos muchos conocimientos acerca del diseño estructural en obras civiles de alta envergadura. Analizaremos y detallaremos el diseño estructural, hablamos de los planos estructurales que nos mostraran como quedara cada elemento con sus barras y tipos de acero con sus especificaciones, se mostrara y diseñaran cada uno de los detalles que tengan lugar en este proyecto, es muy importante poder mostrar planos claros para que cualquier tipo de persona pueda entender lo que se plasma en él.

Otras de las comparaciones que se realizaran con este proyecto es una muy importante debido a que gracias a este factor se puede llevar a cabo cualquier proyecto, estamos hablando de los costos, que tanto aumentaran o bajaran los costos de la estructura al momento de ser diseñada con la NSR -98 o NSR-10,

este parámetro es uno de los más importantes ya que este es quien le da vida a la estructura, como sabemos muchas estructuras no llegan a ser construidas por los altos costos que conllevaría realizarlas, es por esto que se analizara en que nos favorece o desfavorece la actualización de esta norma sismo resistente 2010.

Este proyecto nos mostrara las formas más ideales que se deben tener en cuenta al momento de diseñar una estructura importante, para que esta sea viable y funcional. Se utilizaran software de diseño como una herramienta que nos facilita realizar procesos al momento de diseñar, que hace varios años era muy complicado realizar.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La corteza terrestre. Se extiende hasta profundidades de 70 a 90 kilómetros aproximadamente en los océanos y en el área de los continentes desde 150 a 200 kilómetros y además está en un estado permanente de cambios. Siendo así una corteza relativamente delgada a comparación de la profundidad del planeta.

Muchas de las placas están en constante movimiento y separándose por causa de un flujo a una lenta velocidad de lava fundida, generando un nuevo material de corteza, esto ocurre naturalmente en el fondo de los océanos limitantes a Colombia, en otros lugares se enfrentan dos placas estrellándose una con otra como ocurre a lo largo de la costa sobre el océano pacífico y el centro de sur América, una de las placas es obligada a introducirse por debajo de la otra concentrando una gran energía hasta el punto en que ocurre una fractura en la roca, liberando abruptamente toda la energía acumulada la cual se manifiesta con la generación de ondas sísmicas.

Colombia está ubicada dentro de la zona sísmicamente más activa de la tierra, la cual se denomina anillo circumpacífico y corresponde a los bordes del océano pacífico.

Es debido a esto que hemos entendido que los sismos siempre estarán presentes en nuestro país, solo podemos pensar en garantizar que las estructuras que se realicen estén en capacidad de resistir estos tipos de movimientos que en ocasiones son causantes de muchas muertes.

Desde varios años se han estudiado estos eventos y han surgido métodos de construcciones sísmo resistentes como la NSR-98 y luego su actualización la NSR-10, que busca la preservación de la vida humana con estructuras capaces de proteger y resguardar personas brindándole toda la seguridad necesaria,

estructuras capaces de deformarse para absorber esfuerzos, pero quedando en pie para salvar la vida de quienes habitan el ella.

Es por esto que son muy importantes las normas a las cuales confiamos al momento de diseñar y construir una estructura, ya sea nuestra vivienda, hospitales, estadios, puentes, oficinas, etc. En este proyecto se tuvo la oportunidad de realizar una comparación de las normas de diseño sísmico en nuestro país, hablamos de la norma sismo resistente del 1998 y la norma sismo resistente del 2010, esta comparación nos mostrara si la reciente actualización de la norma realiza cambios muy significativos o si por el contrario no fueron muchos los cambios.

Es muy importante saber cuáles fueron los puntos en la cual la norma realiza su actualización porque como se mencionó anteriormente, si fueron significativamente grandes, podemos estar pensando que podría pasar con aquellas construcciones que fueron diseñadas y construidas basadas en la NSR-98, es por esto que queremos saber cuáles son las nuevas consideraciones tomadas por todo este grupo de especialistas, entre ingenieros, arquitectos y constructores.

Un punto muy importante que también se vuelve una problemática es que tan costosas serán las nuevas estructuras diseñadas por la nueva normatividad, como sabemos ningún proyecto se lleva a cabo si no se cuenta con el presupuesto necesario es por esto que el costo de una estructura es muy importante y más aún cuando la imaginación de muchos arquitectos nos muestran diseños arquitectónicos innovadores que ponen a prueba al diseñador estructural. Sabemos que en nuestro país se presentan muchos tipos de estratos de suelos, algunos de ellos muy especiales, por esto es muy importante conocer como ha tenido en cuenta la nueva norma todos estos factores en comparación de la norma antigua (NSR-98), los suelos son de gran importancia porque todo lo que

deseemos realizar debe estar sujeto al suelo de aquí la importancia de su estudio y análisis.

Otro punto importante que nos impulsó a la ejecución de este proyecto son los efectos del viento, en el diario vivir podemos observar que las estructuras tienden a ser cada vez más altas y es aquí donde el viento se convierte verdaderamente relevante, en nuestro país tenemos zonas en las cuales las velocidades que alcanza el viento son bastante considerables así que no podríamos dejarlo por fuera en este análisis entre las normas NSR-98 y NSR-10 que nos permitirá conocer que parámetros o medidas que están tomando para minimizar los riesgos que pueda producir el viento, al paso de la historia hemos podido ver colapsos de puentes, hasta deformaciones considerables en estructuras de gran esbeltez por efectos del viento.

2. JUSTIFICACIÓN

Con el objetivo de obtener las diferencias entre la nsr-98 y la nsr-10, se hace necesario realizar los dos diseños estructurales en iguales condiciones geográfica, climática y geométrica, con el fin de analizar los resultados y así obtener las ventajas y desventajas que trajo al hacer el cambio de norma sismo resistente en Colombia.

El marco organizacional de la norma ha llevado a cabo cambios específicos, ya que los fenómenos naturales han sido con el pasar del tiempo un problema más incisivo a las estructuras, de esta manera la norma al ser más rigurosa en factores de seguridad puedan así, las estructuras ser más resistente a dichos fenómenos naturales y de igual manera a las exigencias del ser humano.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar los resultados obtenidos de los dos análisis estructurales de edificación de 5 niveles, realizados mediante las normas NSR-98 y NSR-10, ubicado en la ciudad de Santa Marta catalogada en amenaza sísmica intermedia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Definir los cambios específicos de los capítulos de las normas NSR-98 Y NSR-10 mediante métodos cuánticos.

Demostrar las dimensiones físicas de las estructuras mediante planos estructurales.

Identificar los cambios más significativos que han realizado al cambiar la NSR-98 a NSR-10.

4. MARCO REFERENCIAL.

4.1 ANTECEDENTES

A comienzos del siglo XX, cuando se comenzó a estudiar las estructuras con modelos de análisis racionales, sujetos a la experiencia adquirida y postulada, por ingenieros a través de la historia. Los investigadores han desarrollado expresiones con las cuales se puedan obtener valores con un rango de precisión mejor elaborado, al momento de realizar un diseño estructural.

Las normas sismo resistente creadas en los años 70 han sido una herramienta que facilita la unificación de conceptos estructurales, los avances y la consecución de las metas.

Claudicando los años 70 la AIS había dado a la ingeniería del país, mediante divulgaciones las primordiales normas sismo resistente disponible en el ámbito mundial. En el año 1978, después de haber publicado el código de la SEAOC, publicó el código ATC-3-06 también por primer vez en el mundo del castellano, convirtiéndose en un documento de especial interés no sólo para la ingeniería Colombiana sino para todos los países de sur América y centro América en general.

Al transcurrir once años se transformaría en la normativa acogida como el código modelo para California (UBC-1988), fue conocido oportunamente en Colombia a través de varias conferencias que la AIS con la SCI promovieron, facilitando que posteriormente este primer documento se convirtiera en la base para el desarrollo del primer código de construcciones adoptado por ley en Colombia.

A comienzos de los años 80, la AIS publica su primera norma sísmica, identificada como la Norma AIS-100-81, la cual adecuó de acuerdo con la práctica de la

ingeniería nacional las recomendaciones ATC-3 antes mencionadas. Este documento, elaborado por el entonces recién conformado Comité AIS-100, fue adicionado y ajustado en 1983 (Norma AIS-100-83) en concertación con la SCI, que había sido requerida por Ministerio de Obras Públicas para realizar un documento técnico para normar de manera obligatoria la construcción sismo resistente en Colombia. Aprovechando las facultades extraordinarias que el Presidente de la República tenía para el efecto, como consecuencia de la legislación de excepción que se expidió con motivo del terremoto del 31 de marzo de 1983 en Popayán la AIS, en un trabajo de cooperación con la SCI, logró que mediante el Decreto-Ley 1400 de 1984 se expidiera el “Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes”, el cual dividió en dos la historia de la ingeniería colombiana debido a importante aporte que significó su aplicación para el ejercicio técnico y profesional de la ingeniería en el país.

No sin menor mérito la AIS de manera casi simultánea tuvo que realizar el “Estudio General de Riesgo Sísmico de Colombia” en 1983, para caracterizar la amenaza sísmica del territorio nacional y con el fin de contar con los valores de aceleración para el diseño sismo resistente que exigía la adopción de nueva normativa de construcción adoptada por la ley. Este trabajo se realizó en un tiempo récord con el apoyo de Planeación Nacional y el FONADE.

Durante los cuatro años siguientes a la expedición del código la AIS realizó en promedio cerca de veinte seminarios anuales de divulgación del código en las principales ciudades del país en conjunto con otras asociaciones regionales de la SCI y universidades, lo cual le permitió detectar las inquietudes y dificultades de los ingenieros en la correcta interpretación y aplicación de la normativa. En consecuencia, la AIS tuvo la iniciativa de llevar a cabo los “Comentarios, Manuales de Diseño, Especificaciones de Construcción” que acompañaran el código. La publicación de este importante grupo de documentos técnicos fue financiada por el Fondo Nacional de Calamidades y la Dirección Nacional para la Prevención y

Atención de Desastres de la Presidencia de la República, por lo cual a manera de contraprestación la AIS adicionalmente realizó los dos primeros “Análisis de Vulnerabilidad Sísmica Estructural de los Hospitales Universitario y Departamental de Caldas y del Valle del Cauca”; trabajos que permitieron impulsar una nueva política de reducción de riesgos no sólo a nivel de Colombia por parte del Ministerio de Salud, sino a nivel de América Latina a través de la Organización Panamericana de la Salud.

Debido a la falta de una normativa en el campo del diseño, construcción y mantenimiento de puentes y debido a que su composición de miembros se lo permitía, la AIS inició a principios de los años 90 un proyecto para la elaboración del “Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes”, el cual se amplió en general a todos los aspectos relativos a la construcción de puentes con motivo del apoyo que este proyecto obtuvo por parte del hoy Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías. Dicho trabajo que convocó a un amplio número de expertos, incluso externos a la AIS, fue publicado en 1996².

²Asociación colombiana de ingeniería sísmica “historia”

4.2 MARCO HISTÓRICO

La ocurrencia de importantes terremotos en el mundo, tales como los de México y Chile en 1985, El Salvador en 1986, Spitak en Rusia en 1987, San Francisco en 1989, Los Ángeles 1994 y Kobe en 1995 hicieron que la ingeniería sísmica mundial se desarrollara notablemente después de las disposiciones expedidas hasta 1984. Por otra parte, el país logró significativos avances en el conocimiento sísmico de su territorio, debido a nuevos estudios y particularmente por la puesta en marcha de la Red Sismológica Nacional vía satélite. Lo anterior aunado a la ocurrencia de sismos recientes en el país como el del Atrato Medio (Murindó) en 1992, Páez en 1994, Tauramena y Calima (Pereira) en 1995 entre otros, llevó a la necesidad de tener que actualizar y complementar la normativa sísmica del país para tratar de cubrir las deficiencias tecnológicas detectadas. Un estudio significativamente depurado para caracterizar con mayor detalle el peligro sísmico en el país, utilizando la nueva información sismo-tectónica se llevó cabo por parte del Comité AIS-300. Este trabajo, denominado “Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia”, fue realizado en forma interinstitucional con la Universidad de los Andes y el Ingeominas y es un aporte de muy alto nivel al conocimiento del territorio nacional, razón por la cual se le otorgó el Premio Lorenzo Codazzi 1997 de la SCI.

De manera simultánea y teniendo en cuenta lo anterior, la AIS con el apoyo de la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y el Fondo Nacional de Calamidades llevó a cabo un nuevo proceso de discusión pública de la normativa sísmica incorporando los avances y resultados de los más recientes desarrollos tecnológicos, actualizando las disposiciones existentes e incluyendo nuevos temas que antes no habían sido tratados. Este trabajo, que corresponde a los documentos que la AIS ha elaborado bajo el nombre “Normas Colombianas Sismorresistentes” AIS-100-97, se convirtieron en la Ley 400 de 1997 y sus decretos reglamentarios que en coordinación con la SCI la AIS promovió a través

del Ministerio del Interior y el Ministerio de Desarrollo Económico. Siendo estos documentos un producto técnico de la ingeniería nacional de notable incidencia social para la reducción del riesgo sísmico de las edificaciones fue, igualmente, galardonado con mención de honor del Premio Diódoro Sanchez 1997 de la SCI.

En conjunto con la SCI, la AIS ha apoyado la gestión para la realización de las “Jornadas Estructurales” aportando a estos eventos un realce especial al promover la realización de dos eventos internacionales de significativa importancia para la región: el “VI Seminario Latino Americano de Ingeniería Sismorresistente” y el “Primer Congreso Panamericano de Mampostería Estructural en Zonas Sísmicas”. Igualmente la AIS apoyo a la SCI y la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en la realización de un evento considerado notable a nivel internacional como fue el “Seminario Internacional sobre Desastres Sísmicos en Grandes Ciudades”, debido a su enfoque innovador multidisciplinario.

Aparte de otros eventos especiales realizados en conjunto con la SCI, como el “Foro sobre el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes” realizado en 1988 y el “Foro sobre la Microzonificación Sísmica de Bogotá” realizado en 1999, la AIS ha respaldado a otras entidades como el Instituto Nacional de Vías, el Ingeominas, el ICPC, ICONTEC, ASOCRETO, ACIES, la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE de Bogotá, la Reaseguradora de Colombia, entre otras, a las cuales las ha acompañado en la organización y realización de importantes eventos en los cuales se han presentado los avances del país en la materia.

El papel de la AIS como secretaria de la Comisión Permanente del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, en la cual se atendieron innumerables consultas técnicas de todo el país y en la Comisión Asesora de Riesgo Sísmico y Volcánico del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, le ha dado el mayor reconocimiento de seriedad y responsabilidad

con las actividades de carácter técnico y científico del país. Igualmente, por su reconocida idoneidad se le ha solicitado su apoyo y colaboración para la evaluación de daños causados por terremotos o por acciones terroristas en varias ocasiones, lo que ha realizado de manera decidida y en forma desinteresada. Su asesoría en los Concejos y administraciones de Bogotá, Armenia y Pereira ha contribuido a la adopción de sus microzonificaciones sísmicas y sus respectivos reglamentos de construcción de carácter local y su colaboración a nivel de los entes territoriales y las universidades ha permitido llevar a cabo aportes técnicos importantes como en el caso de microzonificación sísmica de las ciudades antes mencionadas.

Doce años después el decreto 926 del 19 de marzo del 2010, que da a conocer la Norma Sismo Resistente 2010 (NSR-10), para actualizar el Reglamento Técnico de Construcciones Sismo Resistentes NSR-98.

Para ello, la Comisión Asesora para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes evaluó el tema durante tres años hasta que se logró la aprobación por parte de los ministerios de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y del Interior. Tras este proceso, el presidente Álvaro Uribe sancionó la norma³.

“La actualización NSR-10 se llevó a cabo con la participación de más de 1.000 profesionales entre arquitectos e ingenieros”, dijo Martha Pinto de Hart, presidenta de la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), que también fue gestora de los ajustes.

Según la dirigente, ahora Colombia cuenta con el más completo contenido en materia de requisitos mínimos que garantizan el fin primordial de la norma en su

³ JUAN CAMILO GÓMEZ CANO structural design procedures based on nsr-98 errors, examples and update proposals

conjunto previsto en la Ley 400 del 97: amparar las vidas humanas ante un sismo fuerte y proteger en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

De esta forma, las estructuras construidas bajo la NSR-10 deben ser capaces de resistir temblores de poca intensidad sin daño, temblores de mediana intensidad sin daño estructural y un temblor fuerte sin colapso”.

4.3 MARCO TEÓRICO

4.3.1 Generalidades. Durante todo el tiempo nuestra nación colombiana ha sido afectada y dañada por la ocurrencia de sismos, ejemplo de ellos los ocurridos recientemente en el país. Teniendo en cuenta que la mayoría de las víctimas son ocasionadas por fallas en las edificaciones, es muy necesario diseñar y construir las estructuras de forma que estas sean capaces de tener un buen comportamiento ante la manifestación de un sismo.

Podemos decir que gracias a las normas ya sea la NSR-98 o NSR-10 las edificaciones han presentado comportamientos más efectivos, claro está sin olvidarnos de aspectos importantes, como es el buen diseño y la buena construcción de estas estructuras, así garantizamos que dicha estructura será capaz de comportarse eficiente mente ante sismos muy dañinos.

Las normas sismo-resistentes NSR-98 y NSR-10, se preocupan por preservar la vida humana cuando ocurra un evento sísmico, esto sin dejar atrás la importancia de proteger la propiedad ya que esta va ligada a la vida humana, cabe resaltar que las normas sismo-resistentes colombianas, nos ayudan a diseñar estructuras como su palabra lo dice sismo resistentes no anti-sísmicas. Muchos propietarios piensan que por haber diseñado y construido su edificación siguiendo las recomendaciones de la norma, esta nunca recibirá ningún daño, y esto es falso, se diseño de tal manera que al momento de llegar el sismo esta estructura sea capaz

de deformarse para absorber todos los esfuerzo inducidos, pero sobre todo debe quedar en pie para proteger todas las vidas que hagan parte de esta estructura.

Ya sabemos lo importante que es diseñar, nuestras edificaciones utilizando la Norma Sismo Resistente Colombiana vigente a la fecha, a continuación se define y se compara los cambios más destacados, necesarios para cumplir con los requisitos de las normas sismo-resistentes tanto para la NSR-98 y la NSR-10.

4.4 MARCO LEGAL

Ley 400 de 1997. Título: Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Autor: Colombia. Asociación colombiana de ingeniería sísmica (ASI). S.D. Santafé de Bogotá, CO.

Decreto número 33 de 1998. Aprobado el día 09 de enero de 1998, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-98

Decreto número 926 de 2010. Aprobado el día 19 de marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10.

Decreto número 2525 de 2010. Aprobado el día 13 de julio de 2010, se modifica el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 Y se establece que la fecha de entrada en vigencia del reglamento es el 15 de diciembre de 2010 y se dictan otras disposiciones

Decreto número 092 de 2011. Aprobado el día 17 de enero de 2011. Se la primera modificación de la nsr-10. Y es aprobada por el presidente de la república.

4.5 AVANCES

La ingeniería estructural ha tenido en los últimos años avances muy importantes como resultado de la investigación, del estudio del comportamiento de estructuras con el transcurso del tiempo, del desarrollo de nuevos materiales y de las nuevas tecnologías informáticas y computacionales que facilitan el análisis y diseño. En consecuencia, la cantidad de conocimientos básicos que requiere un ingeniero estructural para el desarrollo de los proyectos que deberá emprender durante su vida profesional.

A la par con estos avances y desarrollos, el diseño de estructuras se ha convertido en una labor de gran complejidad. El desarrollo de nuevos sistemas y tipos estructurales, como edificios de gran altura, edificaciones y puentes para cubrir grandes luces y soportar cargas altas, cimentaciones para equipos especiales, sistemas de contención de tierra de gran altura, entre muchos otros, ha aumentado exponencialmente la cantidad de conocimientos necesarios para analizarlos y diseñarlos.

El desarrollo de nuevos materiales, por ejemplo concreto de alto desempeño, concreto de baja retracción, concreto con fibras, polímeros, materiales compuestos, láminas, telas y barras de fibra de carbón y vidrio, junto con materiales tradicionales considerados desde nuevas ópticas, como la madera, la arcilla cocida y la tierra, con características y propiedades muy diferentes, también han aumentado la complejidad de la labor del ingeniero estructural.

En Colombia, la mayor parte de la población vive en zonas sísmicas; por tanto, es de vital importancia la creación de una estandarización de normas sismo resistente, que han ido avanzando al paso de la incidencia de fuerzas sísmicas cada vez de mayor magnitud, la normas colombianas se ha venido actualizando con los conocimientos conceptuales y tecnológicos a nivel internacional.

Como resultado de estas leyes y de la comprensión de la magnitud de las pérdidas económicas y humanas que pueden producir sismos de gran intensidad en centros urbanos de Colombia.

En este campo ha habido mucha investigación en todo el mundo, la cual permite acumular un cuerpo de conocimientos importante, que exige la adecuada preparación de las nuevas generaciones de calculistas estructurales. Que al transcurrir del tiempo referenciando tiempo estructural, ha venido avanzando con varios modelos matemáticos los principales han sido los siguientes:

Método de Cross. En 1930, el profesor Hardy Cross expuso en su obra *Análisis of continuous frames* el método de aproximaciones sucesivas que lleva su nombre. El método de Cross es un método de aproximaciones sucesivas, que no significa que sea aproximado. Quiere decir que el grado de precisión en el cálculo puede ser tan elevado como lo desee el calculista.

El método permite seguir paso a paso el proceso de distribución de momentos en la estructura, dando un sentido físico muy claro a las operaciones matemáticas que se realizan

Método matricial de la rigidez es un método de cálculo aplicable a estructuras hiperestáticas de barras que se comportan de forma elástica y lineal.

El método consiste en asignar a la estructura de barras un objeto matemático, llamado matriz de rigidez, que relaciona los desplazamientos de un conjunto de puntos de la estructura, llamados nodos, con las fuerzas exteriores que es necesario aplicar para lograr esos desplazamientos (las componentes de esta matriz son fuerzas generalizadas asociadas a desplazamientos generalizados). La matriz de rigidez relaciona las fuerzas nodales equivalentes y desplazamientos sobre los nodos de la estructura, mediante la siguiente ecuación

$$\begin{Bmatrix} F_1 + R_1 \\ F_2 + R_2 \\ \dots \\ F_n + R_n \end{Bmatrix}_G = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}_G \begin{Bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \dots \\ \delta_n \end{Bmatrix}_G$$

Dónde: F_i son las fuerzas nodales equivalentes asociadas a las fuerzas exteriores aplicadas sobre la estructura; R_i son las reacciones hiperestáticas inicialmente desconocidas sobre la estructura; δ_i los desplazamientos nodales incógnita de la estructura y n el número de grados de libertad de la estructura.

Método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

El MEF está pensado para ser usado en computadoras y permite resolver ecuaciones diferenciales asociadas a un problema físico sobre geometrías complicadas. El MEF se usa en el diseño y mejora de productos y aplicaciones industriales.

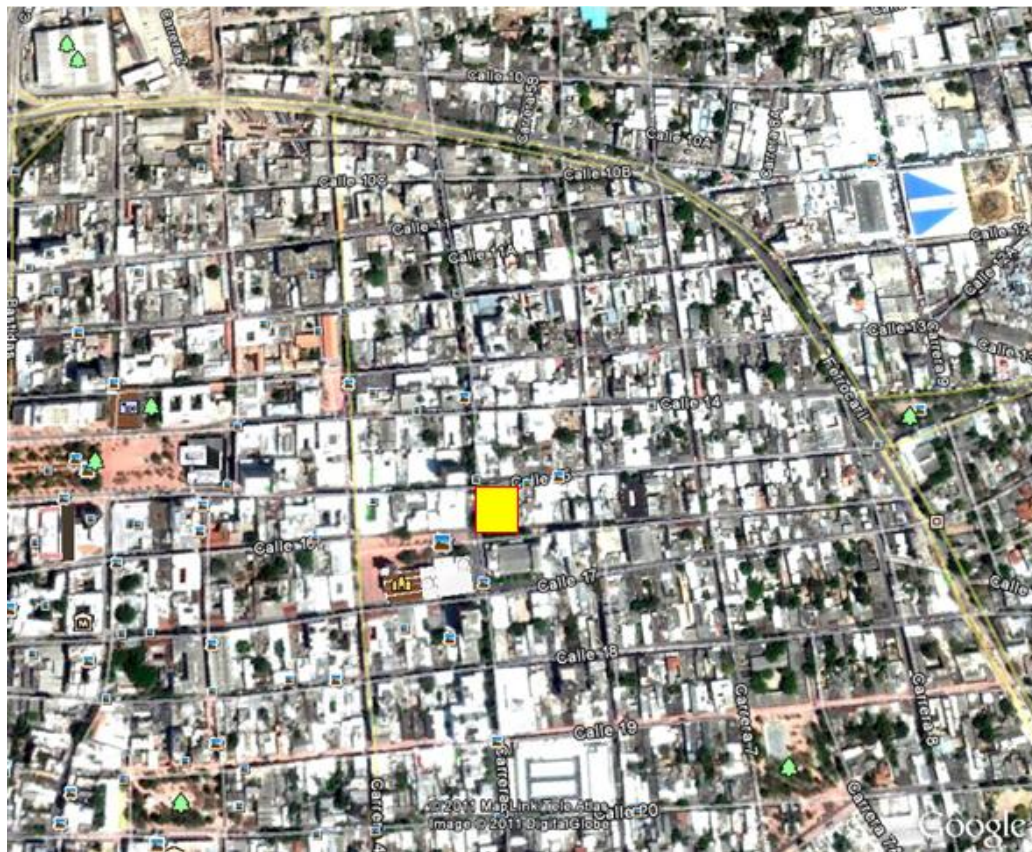
5 DISEÑO METODOLOGICO

5.1 UBICACIÓN

Se encuentra ubicado en la carrera 5ta, entre calles 15 y 16, en la ciudad de Santa Marta, departamento Magdalena, Colombia.

Tiene un área de construcción aproximada de 730 m².






Figura 1. Ubicación del centro comercial del proyecto







Fuente: googleeearth

5.2 MATERIALES






5.2.1 Materiales de apoyo.

-  Computador portátil
-  Impresora
-  Memoria USB
-  Documentos de conceptualización estructural
-  Cámara digital

5.2.2 Materiales de campo.

-  Papelería
-  Fotocopias
-  Impresiones
-  Lapiceros

5.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

-  Software RCB Versión 8.1.1-license No. 30904-A24338
-  Software excel 2010
-  Software word 2010
-  Software autocad 2010
-  Software paint 2010

5.4 METODOLOGIA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL ENTRE LA NSR98 Y NSR10

5.4.1 PREDIMENSIONAMIENTO Y ANALISIS DE CARGA

5.4.1.1 Cambios y anexos del análisis de carga (NSR98-NSR10)

5.4.1.1.1 Carga muerta. En la sección B.3.2 de la nsr10, Masas y pesos de los materiales, se revisaron todos los valores consignados en la siguiente tabla, referenciada en la nsr10 como Tabla B.3.2-1.

Masas de los materiales

Material	Densidad (kg/m ³)	Material	Densidad (kg/m ³)
Acero	7 800	Mortero de inyección para mampostería	2 250
Agua		Mortero de pega para mampostería	2 100
Dulce	1 000	Piedra	
Marina	1 030	Caliza, mármol, cuarzo	2 700
Aluminio	2 700	Basalto, granito, gneis	2 850
Arena		Arenisca	2 200
Limpia y seca	1 440	Pizarra	2 600
Seca de río	1 700	Plomo	11 400
Baldosa cerámica	2 400	Productos bituminosos	
Bronce	8 850	Asfalto y alquitrán	1 300
Cal		Gasolina	700
Hidratada suelta	500	Grafito	2 160
Hidratada compacta	730	Parafina	900
Carbón, apilado	800	Petróleo	850
Carbón vegetal	200	Relleno de ceniza	920
Cemento pórtland, a granel	1 440	Tableros de madera aglutinada	750
Cobre	9 000	Terracota	
Concreto simple	2 300	Poros saturados	1 950
Concreto reforzado	2 400	Poros no saturados	1 150
Corcho, comprimido	250	Tierra	
Estañó	7 360	Arcilla húmeda	1 750
Grava seca	1 680	Arcilla seca	1 100
Hielo	920	Arcilla y grava seca	1 600
Hierro		Arena y grava húmeda	1 900
Fundido	7 200	Arena y grava seca apisonada	1 750
Forjado	7 700	Arena y grava seca suelta	1 600
Latón	8 430	Limo húmedo consolidado	1 550
Madera laminada	600	Limo húmedo suelto	1 250
Madera seca	450-750	Vidrio	2 600
Mampostería de concreto	2 150	Yeso en tableros para muros	800
Mampostería de ladrillo macizo	1 850	Yeso suelto	1 150
Mampostería de piedra	2 200	Zinc en láminas enrolladas	7 200

En la sección B.3.4 de la nsr10, Elementos no estructurales, se adoptó una forma novedosa para los elementos no estructurales la cual permite calcular las cargas producidas por estos elementos de una forma más simple y segura:

Referente a la nsr10 B.3.4.1 — Elementos no estructurales horizontales.

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – Cielo raso

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Carga (kgf/m²) m² de área en planta</i>
<i>Cielo raso</i>		
Canales suspendidas de acero	0.10	10
Ductos mecánicos	0.20	20
Entramado metálico suspendido afinado en cemento.	0.70	70
Entramado metálico suspendido afinado en yeso.	0.50	50
Fibras acústicas	0.10	10
Pañete en yeso o concreto	0.25	25
Pañete en entramado de madera	0.80	80
Tableros de yeso	0.0080 (por mm de espesor)	8 (por cm de espesor)
Sistema de suspensión de madera.	0.15	15

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – relleno de pisos

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Carga (kgf/m²) m² de área en planta</i>
<i>Relleno de piso</i>		
Arena	0.0150 (por mm de espesor)	15 (por cm de espesor)
Concreto con escoria	0.0200 (por mm de espesor)	20 (por cm de espesor)
Concreto con piedra	0.0250 (por mm de espesor)	25 (por cm de espesor)
Concreto ligero	0.0150 (por mm de espesor)	15 (por cm de espesor)

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – pisos

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Carga (kgf/m²) m² de área en planta</i>
<i>Pisos y acabados</i>		
Acabado de piso en concreto	0.0200 (por mm de espesor)	20 (por cm de espesor)
Afinado (25 mm) sobre concreto de agregado pétreo	1.50	150
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero.	0.80	80
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 25 mm de mortero.	1.10	110
Baldosa sobre 25 mm de mortero	1.10	110
Bloque de asfalto (50 mm), sobre 12 mm de mortero	1.50	150
Bloque de madera (75 mm) sin relleno	0.50	50
Bloque de madera (75 mm) sobre 12 mm de mortero	0.80	80
Durmientes de madera, 20 mm	0.15	15
Madera densa, 25 mm	0.20	20
Mármol y mortero sobre concreto de agregado pétreo	1.60	160
Piso asfáltico o linóleo, 6 mm	0.05	5
Pizarra	0.030 (por mm de espesor)	30 (por cm de espesor)
Terrazzo (25 mm), concreto 50 mm	1.50	150
Terrazzo (40 mm) directamente sobre la losa	0.90	90
Terrazzo (25 mm) sobre afinado en concreto	1.50	150

En la nsr10 se incorpora B.3.4.2 — Elementos no estructurales verticales.

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales – recubrimiento de muros

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) por m² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)</i>	<i>Carga (kgf/m²) por m² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)</i>
<i>Recubrimiento de muros</i>		
Baldosín de cemento	0.80	80
Entablado de madera	0.0060 (por mm de espesor)	6.0 (por cm de espesor)
Madera laminada (según el espesor)	0.0100 (por mm de espesor)	10.0 (por cm de espesor)
Tableros aislantes para muros		
Espuma de poli estireno	0.0005 (por mm de espesor)	0.5 (por cm de espesor)
Espuma de poliuretano	0.0010 (por mm de espesor)	1.0 (por cm de espesor)
Fibra o acrílico	0.0020 (por mm de espesor)	2.0 (por cm de espesor)
Perlita	0.0015 (por mm de espesor)	1.5 (por cm de espesor)
Tableros de fibra	0.0030 (por mm de espesor)	3.0 (por cm de espesor)
Tableros de fibra, 12 mm	0.05	5
Tableros de yeso, 12 mm	0.10	10

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales – particiones livianas

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) por m² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)</i>	<i>Carga (kgf/m²) por m² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)</i>
Particiones livianas		
Particiones móviles de acero (altura parcial)	0.50	50
Particiones móviles de acero (altura total)	0.20	20
Poste en madera o acero, yeso de 12 mm a cada lado	0.90	90
Poste en madera, 50 x 100, sin pañetar	0.30	30
Poste en madera, 50 x 100, pañete por un lado	0.60	60
Poste en madera, 50 x 100, pañete por ambos lados	2.00	200

En la nsr10 se introdujo una nueva sección B.3.4.3, Valores mínimos alternativos para cargas muertas de elementos no estructurales, la cual cubre los casos más comunes para dichas cargas.

Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales cuando no se efectúe un análisis más detallado

<i>Ocupación</i>		<i>Fachada y particiones (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Afinado de piso y cubierta (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Fachada y particiones (kgf/m²) m² de área en planta</i>	<i>Afinado de piso y cubierta (kgf/m²) m² de área en planta</i>
Reunión	Edificaciones con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenarios.	1.0	1.8	100	180
Oficinas	Particiones móviles de altura total	1.0	1.8	100	180
	Particiones fijas de mampostería	2.0	1.8	200	180
Educativos	Salones de clase	2.0	1.5	200	150
Fábricas	Industrias livianas	0.8	1.6	80	160
Institucional	Internados con atención a los residentes	2.0	1.6	200	160
	Prisiones, cárceles, reformatorios y centros de detención	2.5	1.8	250	180
	Guarderías.	2.0	1.6	200	160
Comercio	Exhibición y venta de mercancías.	1.5	1.4	150	140
Residencial	Fachada y particiones de mampostería.	3.0	1.6	300	160
	Fachada y particiones livianas.	2.0	1.4	200	140
Almacenamiento	Almacenamiento de materiales livianos.	1.5	1.5	150	150
Garajes	Garajes para vehículos con capacidad de hasta 2000 kg	0.2	1.0	20	100

En la nsr10 se incluyó la sección B.3.6, Consideraciones especiales, para insistir en la responsabilidad del constructor y el supervisor técnico acerca de que los valores de estas cargas correspondan a las utilizadas en el diseño.

En todo el Capítulo de cargas se colocaron referencias a las cargas utilizando el sistema métrico MKS

5.4.1.1.2 CARGAS VIVAS. En la nsr10 sección B.4.2.1, Cargas vivas requeridas se revisaron todos los valores para las cargas vivas, según el uso de la edificación, consignados en la Tabla B.4.2.1-1 nsr10, Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas. Así mismo se revisaron los valores de la Tabla referenciada en la nsr10 como B.4.2.1-2, Cargas vivas mínimas en cubiertas.

Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
<i>Reunión</i>	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestíbulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
<i>Oficinas</i>	Escenarios	7.5	750
	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
<i>Educativos</i>	Restaurantes	5.0	500
	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
<i>Fábricas</i>	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
<i>Institucional</i>	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
<i>Comercio</i>	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
<i>Residencial</i>	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
<i>Almacenamiento</i>	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
<i>Garajes</i>	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
<i>Coliseos y Estadios</i>	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

Cargas vivas mínimas en cubiertas

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

También se revisaron los valores dados en la sección B.4.2.2, Empuje en pasamanos y antepechos, haciéndolos más seguros y de acuerdo con reglamentaciones internacionales.

Los requisitos de las secciones B.4.3, Carga parcial, B.4.4, Impacto, B.4.5, Reducción de la carga viva, B.4.6, Puente grúas, y B.4.7, Efectos dinámicos, se mantuvieron iguales a los del Reglamento NSR-98.

Se incluyó una nueva sección B.4.8, Cargas empozamiento de agua y de granizo, para evitar el colapso en estructuras de cubierta livianas causadas ya sea por agua lluvia o por granizo, y se asignaron las responsabilidades correspondientes entre los diferentes profesionales que intervienen en el diseño de estas estructuras. La carga de granizo debe tenerse en cuenta en todos los sitios del país con altura mayor de 2000 m sobre el nivel del mar, o donde las autoridades municipales así lo exijan.

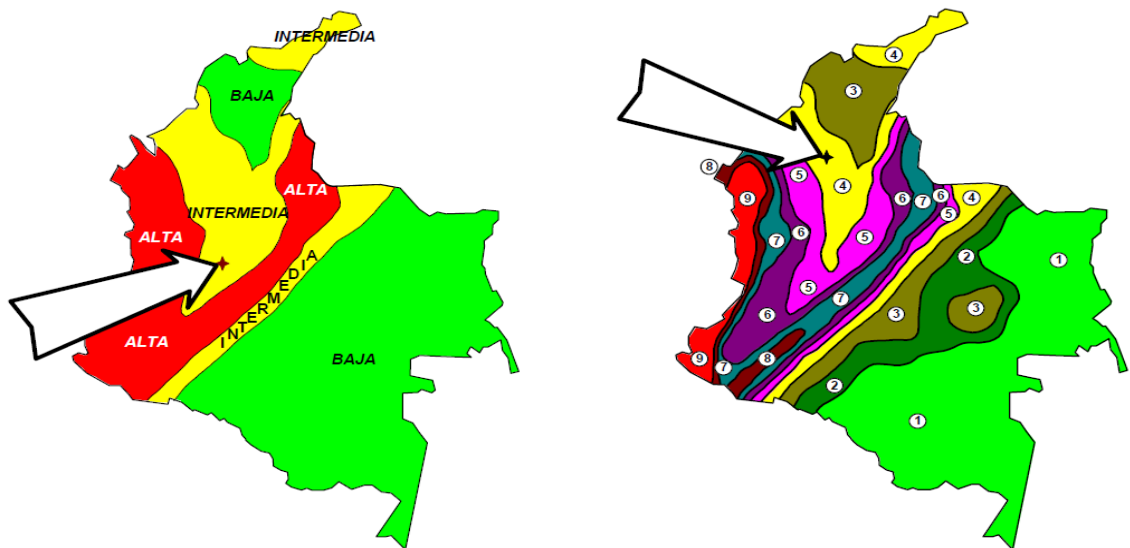
5.4.1.1.3 Combinaciones de cargas. En la sección de la nsr10 B.2.3, Combinaciones de carga para ser utilizadas con el método de esfuerzos de trabajo o en las verificaciones del estado límite de servicio, las combinaciones de carga dadas allí se actualizaron a las contenidas en el documento ASCE 7-05(22).

En la sección de la nsr10B.2.4 — Combinaciones de cargas mayoradas usando el método de resistencia, las combinaciones de carga dadas allí se actualizaron a las contenidas en el documento ASCE7-05(22) las cuales son las mismas para todos los materiales estructurales que se diseñan por el método de resistencia (concreto estructural, mampostería estructural y estructuras).

5.4.2 LOCALIZACIÓN, ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

5.4.2.1 LOCALIZACIÓN, ZONA DE AMENAZA SÍSMICA (NSR-98) La norma sismo resistente colombiana del 98 nos muestra mapas ilustrativos que tienen el nombre de mapa de zonificación sísmica, que nos muestran las diferentes zonas de amenazas sísmicas en nuestro país, en Colombia se presentan 3 tipos de amenazas (Alta, Intermedia, Baja)

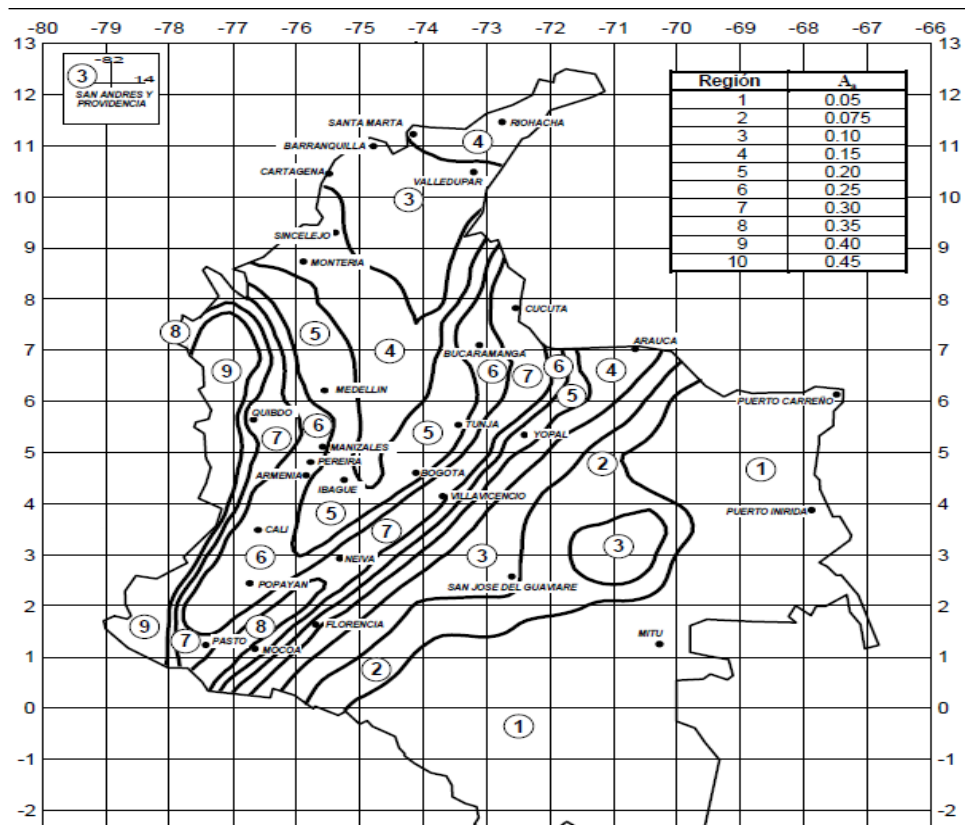
FIGURA 2. Mapa zona de amenaza sísmica NSR98



Fuente: NSR98

Al localizar el sitio y región donde tendrá lugar la estructura, se establece uno de los parámetros para el diseño como es el A_a = coeficiente que representa la aceleración pico efectiva este valor lo podemos encontrar con la ayuda del mapa que nos muestra las zonas de amenazas sísmicas y movimientos sísmicos de diseño (NRS-98 figura A-2-2 mapa de valores A_a)⁴

FIGURA 3. Coeficiente de aceleración mapa zona de amenaza sísmica-98



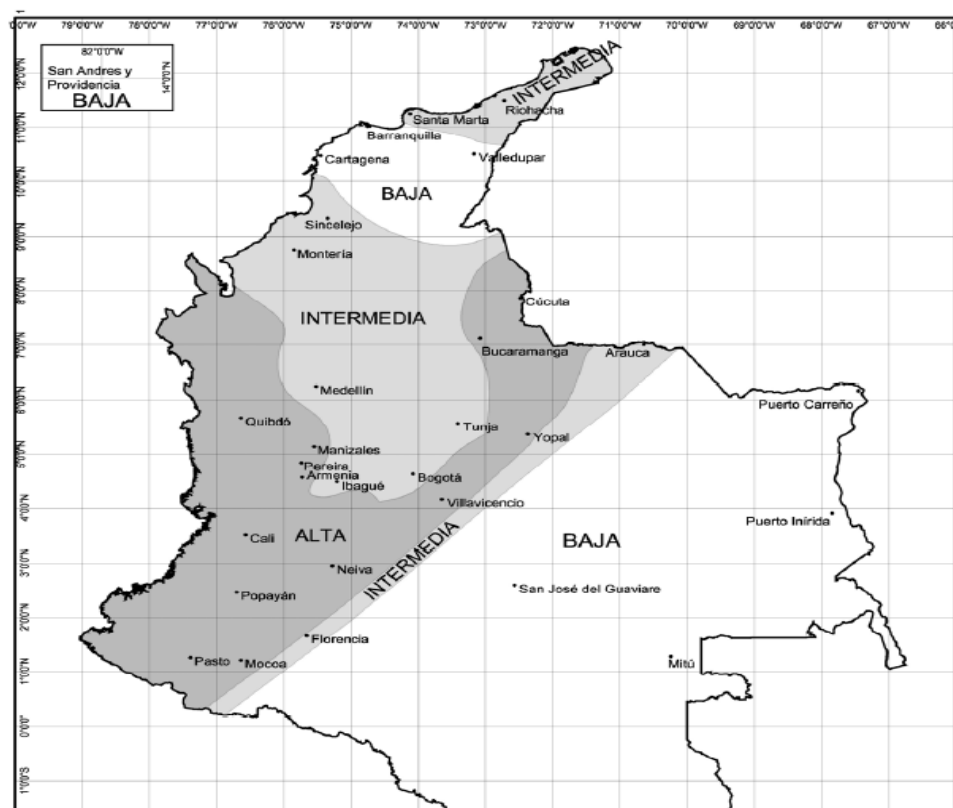
Fuente: NSR98

Solo se tiene que localizar el sitio de nuestra edificación y tomar el valor de A_a de la tabla mostrada.

⁴NSR- 98 título a capítulo a.2 zona de amenaza sísmica

5.4.2.2 LOCALIZACIÓN, ZONA DE AMENAZA SÍSMICA (NSR-10). En general el mapa de amenazas sísmicas no cambio mucho en esta nueva versión de la norma, pero lo que sí es claro es que las áreas de amenazas sísmicas en los mapas aumentaron un poco, encerrando algunos municipios que antes aparecían en zona de amenaza intermedia y algunas que aparecían en zona de amenaza sísmica baja pasaron a ser de amenaza intermedia.

FIGURA 4. MAPA ZONA DE AMENAZA SISMICA-10



Fuente: NSR98

En esta nueva versión se presentan dos coeficientes de aceleración el antes conocido A_a = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva para y el nuevo A_v = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva.

Los movimientos sísmicos de diseños se definen en función de la aceleración pico efectiva, representada por el parámetro A_a , y de la velocidad pico efectiva representada por el parámetro A_v , para una probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años⁵.

Para la determinación de estos parámetros la norma sismo resistente colombiana cuanta con unas tablas en función de la zona sísmica para encontrar el valor de A_a y A_v

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

TABLA 1 VALORES DE A_a Y A_v para capitales principales

⁵NSR-10 A.2.2.1

En este cuadro podemos encontrar las ciudades más importantes, del país con sus respectivos parámetros.

5.4.3 MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

5.4.3.1 DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO (NSR-98).

En esta definición se establecen otros parámetros uno de ellos es el perfil del estrato del suelo este puede ser un S1, S2, S3, S4 y dependiendo el tipo de perfil, encontraremos el valor del coeficiente de sitio (S).

Como sabemos hay varios tipos de perfiles de suelo por lo tanto varia el coeficiente de sitio, es importante que estos perfiles hayan sido previamente estudiados por un ingeniero geotecnista, basado en datos geotécnicos sustentables.

La norma sismo resistente del 98 nos presenta los siguientes perfiles:

- **Perfil de suelo S1:** para considerar un perfil S1 debe cumplir las siguientes características, una de ellas es que el material debajo de la cimentación es roca, no importa su característica, y debe poseer una velocidad de onda mayor a los 750m(seg. O que entre la roca y la estructura halla una capa de material muy denso, ya sean depósitos de arenas, gravas o arcillas duras.
- **Perfil de suelo S2:** para considerar un perfil S2 se deben cumplir una de las siguientes condiciones, que entre la superficie y el estrato de roca hallan aproximadamente unos 60 metros y que entre ellos exista una capa apreciable de material denso, ya sea depósito de arenas, gravas o arcillas duras o que la capa entre la roca y la superficie presente una capa de material de consistencia media con una velocidad de la onda de cortante entre 270 y 400 m/s

- **Perfil de suelo S3:** se considera este perfil cuando entre la roca y la superficie hay un estrato de aproximadamente 20 metros y este contiene arcillas con una dureza que varía entre mediana y blanda.
- **Perfil de suelo S4:** se considera este perfil cuando entre la roca y la superficie se encuentran capas de arcilla con más de 12m y que esta presenta una velocidad de onda de cortante menor a los 150m/s

COEFICIENTE DE SITIO: Al establecer nuestro perfil del suelo podemos apoyarnos en una tabla que nos muestra la nSR-98 donde relaciona y establece para cada tipo de perfil su respectivo coeficiente de sitio (S). Tabla A.2-3 de la NSR-98⁶

VALORES DEL COEFICIENTE DE SITIO, S	
Tipo de Perfil de Suelo	Coeficiente de Sitio, S
S_1	1.0
S_2	1.2
S_3	1.5
S_4	2.0

TABLA 2 valores de coeficiente de sitio

⁶ NSR -98 perfiles del suelo

COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I). Otro de los parámetros que se debe tener en cuenta es la funcionalidad que tendrá nuestra estructura ya que no todas las estructuras manejan la misma importancia cuando de quedar en pie se trata, después de ser afectada por un sismo, como por ejemplo es más importante que después de un sismo los hospitales queden en pie ya que este brinda un servicio importante para la comunidad. Es por esto que las estructuras se han dividido en cuatro grupos con relación a su uso, y dependiendo de su uso podemos determinar el coeficiente de importancia de la estructura (I).

- **Grupo IV:** comprende las edificaciones indispensables, que brindan atención a la comunidad y deben permanecer en pie, durante y después del sismo, debido a que su operación no puede ser trasladada de forma rápida por todo lo que conforma la estructura ejemplo de ello, los hospitales, empresas generadoras de energía, etc.
- **Grupo III:** este grupo comprende todas aquellas estructuras que brinden a la comunidad un servicio importante después de ocurrir un evento sísmico ejemplo de ellas son, estaciones de bomberos, policías, fuerzas armadas, oficinas de atención de desastres.
- **Grupo II:** este grupo comprende las edificaciones en las cuales puedan haber reunidas más de 200 personas en un solo espacio ejemplo de estas estructuras son: centros comerciales, colegios, universidades etc.
- **Grupo I:** en este grupo se incluyen todas esas estructuras que no tengan lugar en los grupos mencionados anteriormente.

La norma sismo resistente colombiana del 98 nos recomienda unos valores de (I) con respecto al grupo en el que tenga lugar la estructura a construir, el coeficiente de importancia modifica de cierto modo el espectro de diseño dependiendo el tipo de estructura, que se ve reflejado en el número del grupo a que corresponda. Estos valores los podemos encontrar en la tabla A.2-4 NSR-98.

**TABLA A.2-4
VALORES DEL COEFICIENTE DE IMPORTANCIA, I**

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.3
III	1.2
II	1.1
I	1.0

TABLA 3 A.2-4 NSR-98

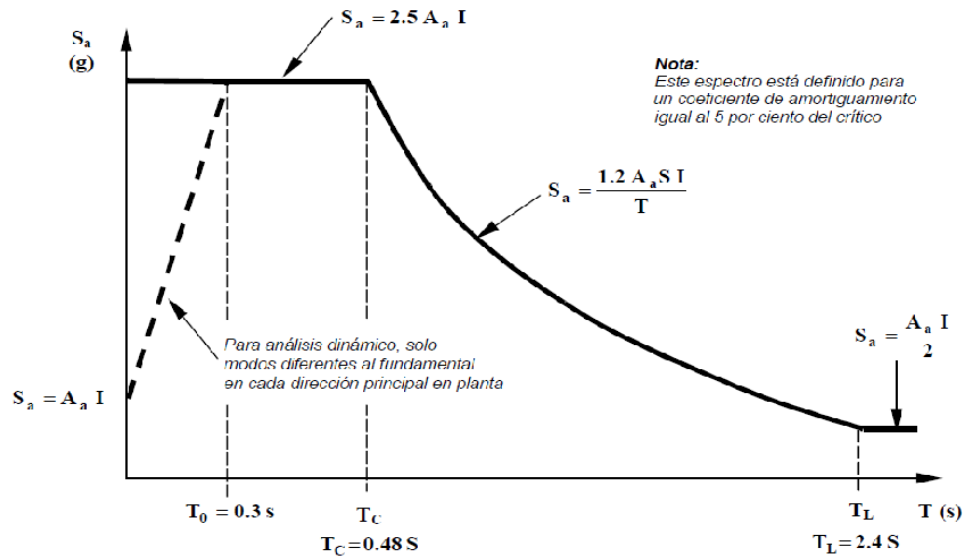
Con ayuda de nuestro grupo de uso, entramos a la tabla y obtenemos el correspondiente coeficiente de importancia.

ESPECTRO DE DISEÑO. Luego de obtener todos estos parámetros podemos representar el espectro de diseño para dicho tipo de estructura y en su ubicación exacta. El valor del espectro de aceleración de diseño, varía a lo largo de la gráfica por ejemplo: el primer tramo de la gráfica viene dada por la ec. $S_a = 2.5 \cdot A_a \cdot I$ hasta llegar a un $T_c = 0.48S$, el otro tramo de la gráfica viene dada por el siguiente $S_a = (1.2 \cdot A_a \cdot S \cdot I) / T$ hasta llegar a un $T_l = 2.4S$.

Para una mejor apreciación se muestra la gráfica del espectro de diseño que grafica los

Valores de S_a Vs T

FIGURA 5. Espectro De Diseño -98



Fuente: NSR98

5.4.3.2 DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO (NSR-10)

Perfiles del suelo. En la norma sismo-resistente colombiana de 2010 se han presentado actualizaciones en las condiciones de los perfiles del suelo, por ejemplo ya no se divide en perfiles (I,II,III,VI) en esta ocasión se definen con letras (A,B,C,D,E,F), para mayor apreciación podemos observar la tabla de clasificación de los perfiles de suelo (TABLA A.2.4-1 NSR-98)

Tabla A.2.4-1(NSR-10)

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

TABLA 4 MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

Si por alguna razón nuestro perfil cae en los denominados C, D, E y no se está totalmente seguro la norma también nos brinda una tabla para tener un mejor criterio al momento de escoger el perfil, esta tabla es la A.2.4-2 de NSR-10.

Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	\bar{v}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

TABLA 5 CLASIFICACIONES DEL SUELO

COEFICIENTE DE SITIO. Como se observó anteriormente en la NSR-98 para un valor del perfil del suelo tomábamos un valor S (coeficiente de sitio), a diferencia de esto la nueva actualización de la norma NSR-10, tenemos ahora dos coeficientes que son los factores F_a y F_v .

- F_a = Coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos, debida a los efectos de sitio, dimensional.
- F_v = coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios debido a los efectos de sitio, dimensional.

Estos coeficientes los podemos determinar gracias a tablas que nos proporcionan la norma sismo resistente, tenemos una tabla para el factor F_a (tabla A.2.4-3 NSR-10) a esta tabla entramos con nuestro tipo de perfil y el respectivo A_a para determinar el valor de F_a .

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

TABLA 6. VALORES DE F_a

Otra tabla para F_v (tabla A.2.4-4 NSR-10), en estas tablas entramos con nuestro tipo de perfil y el respectivo A_v y sacamos nuestro valor.

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de períodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

TABLA 7 VALORES DE F_v

COEFICIENTE DE IMPORTANCIA. Después de haber determinado los valores de F_a y F_v pasamos a determinar el coeficiente de importancia de la estructura y para esto es necesario determinar el grupo de uso a que corresponde la edificación a construir, en la NSR-10 también se presentan los mismos cuatro grupos I, II, III, IV; los cuales los detallamos anteriormente.

Luego de establecer a qué tipo de grupo pertenece ingresamos en la tabla de coeficiente de importancia (I) presentada en la tabla A.2.5-1

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

TABLA 8 VALORES COEFICIENTES DE IMPORTANCIA I

ESPECTRO DE DISEÑO. Al determinar este coeficiente podemos graficar nuestro espectro de diseño teniendo en cuenta los diferentes tramos que lo conforman, un ejemplo de estos el que nos muestra la norma en la figura A.2.6-1 NSR-10.

FIGURA 6. Espectro Elástico De Diseño Nsr-10

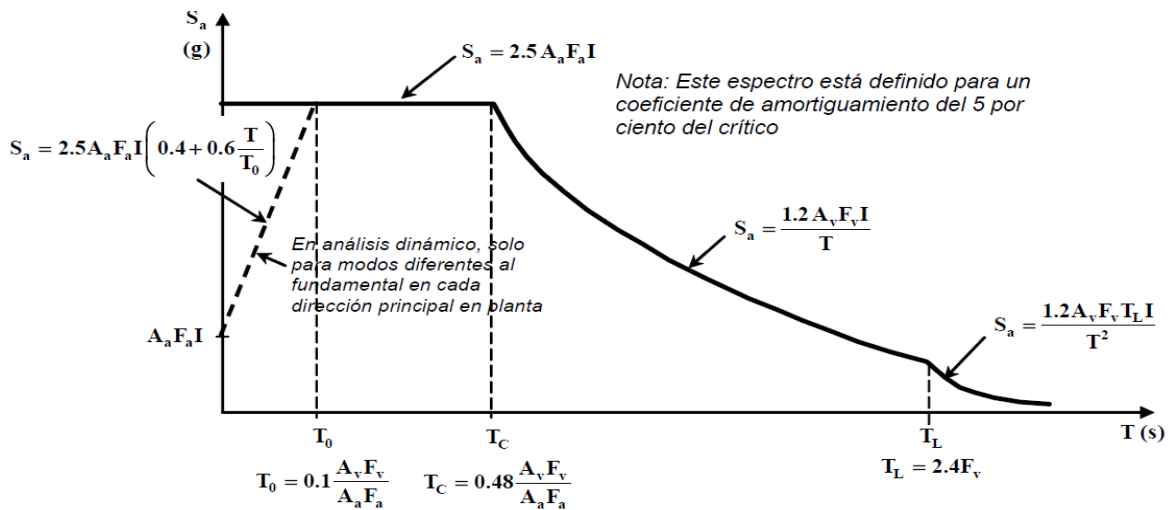


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

Fuente: NSR10

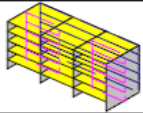


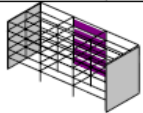


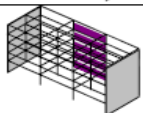
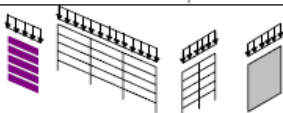
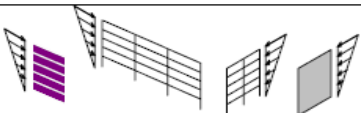

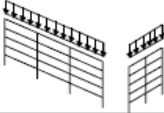

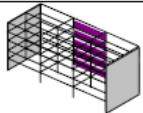
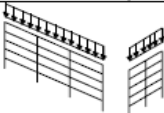
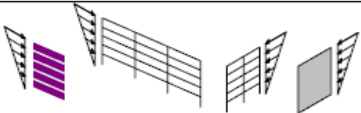
También podemos utilizar en vez de espectros de diseños utilizar acelerogramas obtenidos de sismos que hayan tenido lugar cerca al lugar de la construcción de la edificación⁷.

⁷NSR 10 CAPITULO A.2 zona de amenaza sísmica y movimiento sísmico de diseño

5.4.4. CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DE MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO

Es importante tener claro las características que conformaran la edificación, previamente se tuvo que haber establecido si estaría conformada pos un sistema de muros estructurales, un sistema combinado de pórticos con muros estructurales, también puede establecerse un sistema que solo lo conformen pórticos en concreto que es muy común o un sistema dual. La norma sismo resistente del 98 y su actualización en 2010 establece los mismos criterios.

FIGURA 7. SISTEMA ESTRUCTURAL DE RESISTENCIA SISMICA

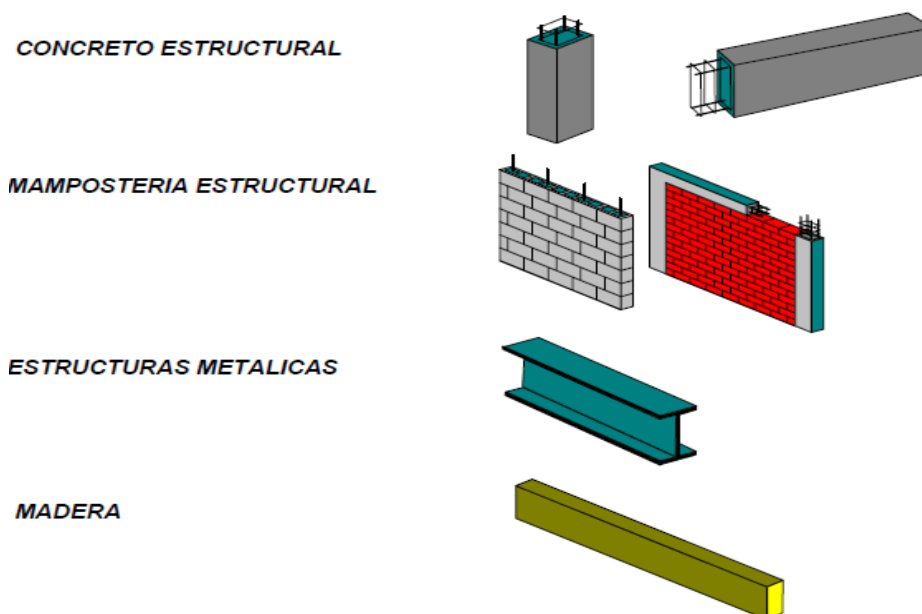
SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA			
SISTEMA		CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA			
COMBINADO			
			
PÓRTICO			
DUAL			

Fuente: NSR10

Después de haber determinado el tipo de sistema debemos tener claro la características de los elementos estructurales a emplear en el sistema escogido, si los elementos serán en concreto reforzado, en mampostería estructural, puede también estar conformada por estructuras metálicas o incluso en madera, cada diseño presenta diferentes métodos y formas que facilitan o dificulta la

construcción de la edificación, por esto la importancia de una buena elección de estos detalles, que pueden ser lo que nos aumenten en ciertos casos el costo de la construcción, debido escases materiales, disponibilidad de personal con mano calificada, grado de salinidad en el ambiente etc.

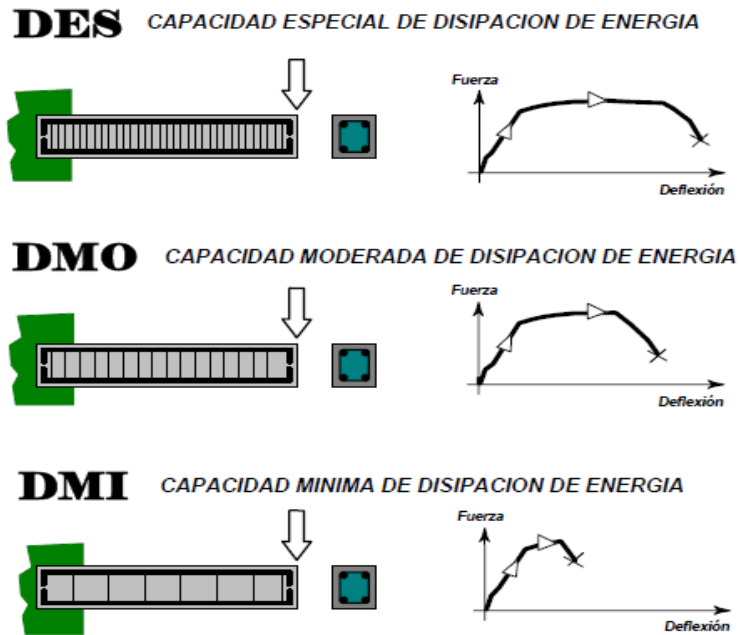
FIGURA 8. Tipos de estructuras



Fuente: NSR10

Otro paso importante es la determinación de la capacidad especial de disipación de energía que tendrán los materiales a utilizar en la estructura.

FIGURA 9. Capacidad de disipación de energía



Fuente: NSR10

Dependiendo del tipo de material estructural y de las características del sistema de resistencia sísmica se establece los grados de capacidad de disipación de energía mínimos (DES, DMO, o DMI) que debe cumplir el material estructural en las diferentes zonas de amenaza sísmica definida². Para mayor interpretación capítulo A.2. y véase las tablas A.3-1 a A.3-4 de la NSR-98 o NSR-10 ya que ambas presentan los mismos criterios.

FIGURA 10. ZONA DE AMENAZA SISMICA

CAPACIDAD DE DISIPACIÓN ENERGÍA	ZONA DE AMENAZA SÍSMICA		
	BAJA	INTERMEDIA	ALTA
MÍNIMA DMI	✓	no	no
MODERADA DMO	✓	✓	no
ESPECIAL DES	✓	✓	✓

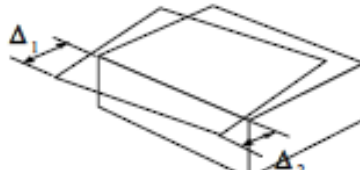
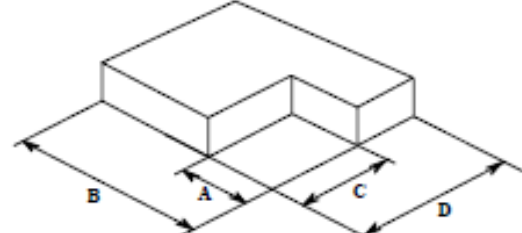
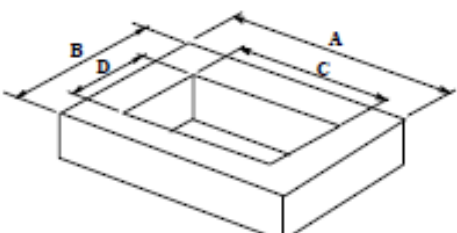
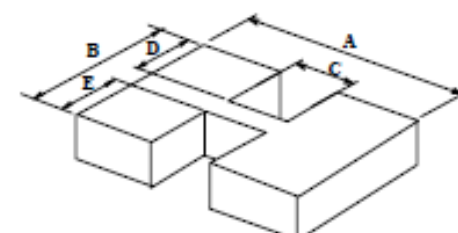
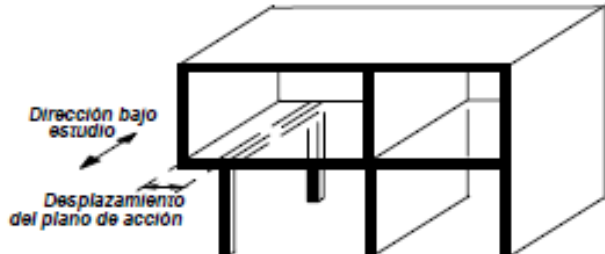
Fuente: NSR10 Y NSR98

5.4.5 GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DE ANALISIS

Posterior mente encontramos unos factores que disminuyen considerablemente el valor de R (coeficiente de capacidad de disipación de energía utilizada para el diseño sísmico); los coeficientes castigan este valor dependiendo de qué tan irregular sea la estructura, tenemos Φ_a , debido a irregularidad en altura, Φ_p , debido a irregularidad en planta y por Φ_r , debido a ausencia de redundancia.

Para obtener los valores de Φ_p podemos apoyarnos con la figura a continuación, referenciada en la NSR-10 como A.3.1

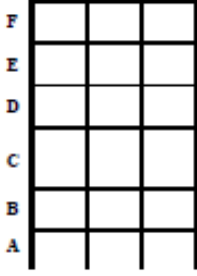

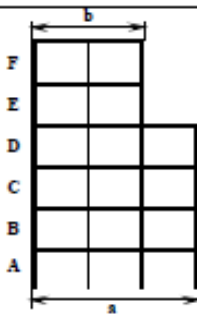
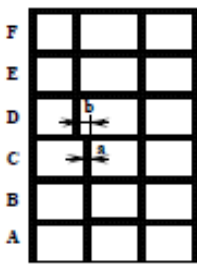
Figura 11. Irregularidad en planta

<p>Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$</p>	<p>Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$</p>
	
<p>Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas — $\phi_p = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> 	
<p>Tipo 3P — Irregularidad del diafragma — $\phi_p = 0.9$</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="406 1092 860 1386"> <p>1) $C \times D > 0.5 A \times B$</p>  </div> <div data-bbox="893 1092 1347 1386"> <p>2) $(C \times D + C \times E) > 0.5 A \times B$</p>  </div> </div>	
<p>Tipo 4P — Desplazamiento de los planos de Acción — $\phi_p = 0.8$</p> 	

Fuente: NSR10

Para los valores de ϕ_a consultamos los valores propuesto por la NSR-10 en la siguiente figura, referenciada en la NSR10 como figura A.3-2

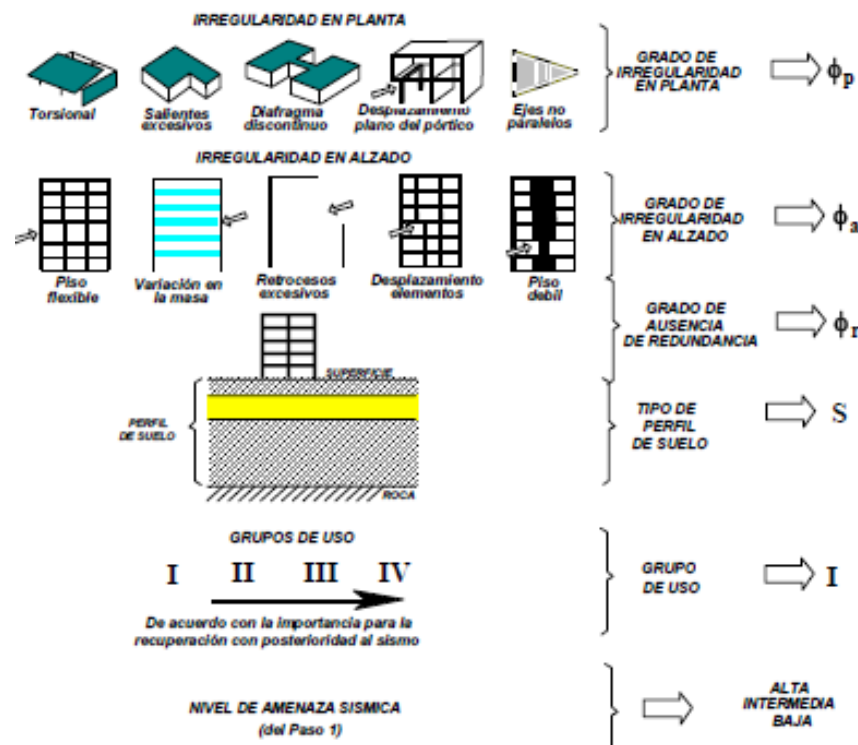
Figura 12. Irregularidad en altura

<p>Tipo 1aA — Piso flexible $\phi_a = 0.9$ $0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C < 0.70 \text{ Rigidez } K_D$ o $0.70 (K_D + K_E + K_F) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C < 0.80 (K_D + K_E + K_F) / 3$</p> <p>Tipo 1bA — Piso flexible extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Rigidez } K_C < 0.60 \text{ Rigidez } K_D$ o $\text{Rigidez } K_C < 0.70 (K_D + K_E + K_F) / 3$</p>	
<p>Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$</p> <p>$m_D > 1.50 m_E$ o $m_D > 1.50 m_C$</p>	
<p>Tipo 3A — Geométrica — $\phi_a = 0.9$</p> <p>$a > 1.30 b$</p>	
<p>Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — $\phi_a = 0.8$</p> <p>$b > a$</p>	

Fuente: NSR10

Ahora Φ_r que es el factor de reducción por ausencia de redundancia es uno de los factores que no tenía en cuenta la antigua norma sismo resistente del 98, en la nueva actualización de 2010, se debe tener en cuenta este factor y este varía dependiendo el sistema estructural de disipación de energía utilizado, si fue un DMI, DMO o DES

FIGURA 13. Disipación de energía



Fuente: NSR10

Con todas estas variables podemos proceder a definir el modelo de análisis a seguir en el diseño de la estructura, hay varios modelos uno por ejemplo es el de la fuerza horizontal equivalente, otro es el método del análisis dinámico elástico o el método del análisis dinámico inelástico; cual sea el método a utilizar hay que tener los criterios bien claros al momento de tomar decisiones que puedan favorecer al comportamiento de la estructura es por esto la importancia de estudiar

cada uno de los pasos que la norma sismo resistente colombiana nos muestra. En nuestros días es fácil poder manejar software de diseño que ya vienen con los conceptos de la norma incluidos, pero como lo decíamos anteriormente son los criterios los que al final darán resultados confiables, para luego proceder con el debido diseño de los elementos, también apoyándose con las recomendaciones de las normas. Siempre al final de cada diseño estructural que se haga, es muy recomendable verificar los resultados obtenidos, para asegurarnos de que todos son lógicos y confiables.

5.4.6 DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS Y ANALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA

Se realiza el diseño de las conexiones y elementos, debidamente combinadas según se exige. Las fuerzas sísmicas obtenidas del F_s , se reducen, dividiéndolas por el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R , correspondiente al sistema estructural de resistencia sísmica, para obtener las fuerzas reducidas de diseño ($E=F_s/R$) que se emplean en las combinaciones de carga.

Donde en la NSR10 los parámetros para R_o son las siguientes tablas, el cual enfatiza y profundiza cada uno de los casos. Para así de la misma manera obtener $(R = \phi_a \phi_p \phi_r R_o)$.

Sistema estructural de muros de carga

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		Baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
1. Paneles de cortante de madera	muros ligeros de madera laminada	3.0	2.5	si	6 m	si	9 m	si	12 m
2. Muros estructurales									
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	4.0	2.5	no se permite		si	50 m	si	Sin límite
c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	el mismo	2.5	2.5	no se permite		no se permite		si	50 m
d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	el mismo	3.5	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	el mismo	2.5	2.5	si	30 m	si	50 m	si	Sin límite
f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	si	12 m	si	18 m
g. Muros de mampostería confinada	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	Grupo I	12 m	Grupo I	18 m
h. Muros de mampostería de cavidad reforzada	el mismo	4.0	2.5	si	45 m	si	60 m	si	Sin límite
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos
3. Pórticos con diagonales (las diagonales llevan fuerza vertical)									
a. Pórticos de acero estructural con diagonales concéntricas (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	24 m	si	30 m	si	Sin límite
b. Pórticos con diagonales de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	3.5	2.5	no se permite		si	30 m	si	30 m
c. Pórticos de madera con diagonales	el mismo	2.0	2.5	si	12 m	si	15 m	si	18 m

Sistema estructural combinado

B. SISTEMA COMBINADO		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
1. Pórticos de acero con diagonales excéntricas									
a. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si las conexiones con las columnas por fuera del vínculo son resistentes a momento	pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	7.0	2.0	si	45 m	si	60 m	si	Sin Límite
b. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si las conexiones con las columnas por fuera del vínculo no son resistentes a momento	pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	6.0	2.0	si	45 m	si	60 m	si	sin Límite
c. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si el vínculo no se conecta a la columna	pórticos de acero no resistentes a momentos	6.0	2.0	si	30 m	si	45 m	si	Sin Límite
d. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si el vínculo tiene conexión resistente a momento con la columna	pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	5.0	2.0	si	30 m	si	45 m	si	Sin Límite

Sistema estructural combinado

B. SISTEMA COMBINADO		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
n. Muros de cortante compuestos con placa de acero y concreto	pórticos de acero resistente o no a momentos	6.5	2.5	si	50 m	si	Sin límite	si	Sin límite
o. Muros de concreto reforzado (DES) mixtos con elementos de acero	pórticos de acero resistente o no a momentos	6.0	2.5	si	50 m	si	Sin límite	si	Sin límite
p. Muros de concreto reforzado (DMO) mixtos con elementos de acero	pórticos de acero resistente o no a momentos	5.5	2.5	No se permite		No se permite		si	Sin límite
q. Muros de concreto reforzado (DMI) mixtos con elementos de acero	pórticos de acero resistentes o no a momentos	5.0	2.5	no se permite		no se permite		si	45 m
3. Pórticos con diagonales concéntricas									
a. Pórticos de acero con diagonales concéntricas (DES)	pórticos de acero no resistentes a momentos	5.0	2.5	si	30 m	si	45 m	si	60 m
b. Pórticos de acero con diagonales concéntricas (DMI)	pórticos de acero no resistentes a momentos	4.0	2.5	no se permite		si	10 m	si	60 m
c. Pórticos mixtos con diagonales concéntricas (DES)	pórticos de acero resistentes o no a momentos	5.0	2.0	si	50 m	si	sin límite	si	sin límite
d. Pórticos mixtos con diagonales concéntricas (DMI)	pórticos de acero resistentes o no a momentos	3.0	2.0	no se permite (nota 5)		no se permite (nota 5)		si	Sin límite
e. Pórticos de acero con diagonales concéntricas restringidas a pandeo, con conexiones viga-columna resistentes a momento	pórticos de acero no resistentes a momentos	7.0	2.5	si	30 m	si	45 m	si	Sin límite
f. Pórticos de acero con diagonales concéntricas restringidas a pandeo, con conexiones viga-columna no resistentes a momento	pórticos de acero no resistentes a momentos	6.0	2.5	si	30 m	si	45 m	si	Sin límite
g. Pórticos de concreto con diagonales concéntricas con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	pórticos de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	3.5	2.5	no se permite		si	24 m	si	30 m

Sistema estructural de pórtico resistente a momentos

C. SISTEMA DE PÓRTECO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		Baja	
		uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.		
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite
2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)									
a. De concreto (DMO)	el mismo	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DMO)	el mismo	5.0 (Nota-3)	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
3. Pórticos resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMF)									
a. De concreto (DMF)	el mismo	2.5	3.0	no se permite		no se permite		si	sin límite
b. De acero (DMF)	el mismo	3.0	2.5	no se permite		no se permite		si	sin límite
c. Mixtos con conexiones totalmente restringidas a momento (DMF)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	3.0	3.0	no se permite		no se permite		si	sin límite
d. Mixtos con conexiones parcialmente restringidas a momento	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	6.0	3.0	no se permite		si	30 m	si	50 m
e. De acero con cerchas no dúctiles	el mismo	1.5	1.5	no se permite (nota 5)		no se permite (nota 5)		si	12 m
f. De acero con perfiles de lámina doblada en frío y perfiles tubulares estructurales PTE que no cumplen los requisitos de F.2.2.4 para perfiles no esbeltos (nota 6)	el mismo	1.5	1.5	no se permite (nota 5)		no se permite (nota 5)		si	sin límite
g. Otras estructuras de celosía tales como vigas y cerchas	No se pueden usar como parte del sistema de resistencia sísmica, a no ser que tengan conexiones rígidas a columnas, en cuyo caso serán tratadas como pórticos de celosía								
4. Pórticos losa-columna (incluye reticular celular)									
a. De concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	2.5	3.0	no se permite		si	15 m	si	21 m
b. De concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMF)	el mismo	1.5	3.0	no se permite		no se permite		si	15 m
5. Estructuras de péndulo invertido									
a. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5 (Nota-3)	2.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5	2.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	1.5 (Nota-3)	2.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite

•En A.3.3 de la nsr10 Configuración estructural de la edificación, se hizo una actualización de los sistemas estructurales permitidos y del manejo de las irregularidades con más casos de los contemplados anteriormente. Ahora se incluye un factor de castigo por falta de redundancia del sistema estructural para evitar el diseño de estructuras vulnerables sísmicamente debido a ausencia de redundancia

estructural (A.3.3.8 — Ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica).

- En A.3.3.9 — Uso del coeficiente de sobre resistencia Ω_0 , se introduce un nuevo parámetro para tratar adecuadamente elementos estructurales que no están en capacidad de disipar energía en el rango de respuesta inelástico como vienen haciéndolo las normas base desde hace algunos años.

- Se modernizan los requisitos de análisis, tanto estático como dinámico, incluyendo procedimientos no-lineales (A.3.4, Métodos de análisis), teniendo en cuenta de esta manera los enormes avances que han ocurrido en las ciencias de la computación en la última década.

- En A.3.6.8 de la nsr10 Diafragmas, se modernizó la forma como se calculan las fuerzas inerciales que actúan en los diafragmas.

- Se permite el uso de aisladores en la base (A.3.8, Estructuras aisladas sísmicamente en su base) y disipadores de energía (A.3.9, Uso de elementos disipadores de energía) y se fijan los parámetros y requisitos para su uso, abriendo de esta manera la posibilidad de utilizar en el país estas técnicas muy modernas, pero haciendo referencia a los documentos apropiados para que su empleo se realice con todas las garantías del caso.

- Las tablas de la nsr10 A.3-1 a A.3-4 donde se regulan los sistemas estructurales permitidos, las alturas según la zona de amenaza sísmica y los grupos de uso donde pueden utilizarse, fueron actualizadas teniendo en cuenta la amplia experiencia nacional al respecto y buscando, en varios casos, la forma de reducir costos en los sistemas estructurales que se utilizan primordialmente en vivienda de interés social. Además en todas estas tablas se incluyó el nuevo coeficiente de sobre resistencia

Ω .

•En la Tabla A.3-5 — Mezcla de sistemas estructurales en la altura, se impone una prohibición a los sistemas de estructura rígida apoyada sobre una estructura con menor rigidez los cuales han tenido muy mal comportamiento en numerosos sismos en todo el mundo y en Colombia

5.4.7 EVALUACIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS

Las norma sismo resistentes colombianas NSR-98 y NSR-10 adoptaron el sistema internacional de medidas SI y por ende la unidad básica de fuerza, el newton N, por lo que las fuerzas inerciales deberán obtenerse a partir de las masas en (kg) kilogramos.

Los métodos de análisis aceptados por el código son:

- El Método de la fuerza horizontal equivalente
- El Método del análisis dinámico elástico
- El método del análisis dinámico inelástico
- otros alternos de tipo inelástico.

En el capítulo A.4 de la nsr10, Método de la fuerza horizontal equivalente

•Los requisitos para este método fueron revisados y actualizados.

•En A.4.2.1 de la nsr10 se modifica el límite máximo del período fundamental de vibración en función del período aproximado para los diferentes sistemas estructurales de resistencia sísmica, a diferencia del Reglamento NSR-98 que prescribía un valor único.

- Los requisitos para este método de alto contenido matemático fueron revisados y actualizados especialmente teniendo en cuenta los avances recientes en las ciencias de la computación.

5.4.8 REQUISITOS DE LA DERIVA

- Se realizó una actualización de los requisitos de deriva con algunas simplificaciones para estructuras regulares.
- En el Reglamento NSR-10, en A.6.2.1.2, para el cálculo de los desplazamiento en el centro de masa del piso, se permite en las edificaciones de todos los grupos de usos utilizar un coeficiente de importancia $I = 1.0$ pero en el cálculo de las fuerzas de diseño si hay que emplear el valor del prescrito en el Capítulo A.2.
- Ahora para edificaciones con diafragma rígido que no tengan irregularidades torsionales en planta se permite evaluar la deriva solamente en el centro de masa del diafragma (A.6.3.1.1). Cuando la estructura tiene irregularidades torsionales, la deriva debe evaluarse en todos los ejes verticales de columna y en los bordes verticales de los muros estructurales (A.6.3.1.2).
- Se introdujo en A.6.3.1.3 un procedimiento nuevo para edificaciones con base en muros estructurales por medio del cual se permite evaluar la deriva máxima en los pisos superiores utilizando la deriva tangente. Esto produce un alivio en este tipo de edificaciones que anteriormente se obligaba a rigidizarlas exageradamente cuando el sistema estructural consistía en muros únicamente.

- Los límites permisibles para la deriva, A.6.4 — Límites de la deriva, permanecen iguales a los del Reglamento NSR-98.

- La sección A.6.5 — Separación entre estructuras adyacentes por consideraciones sísmicas , se modificó de acuerdo con unas recomendaciones expedidas por la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes en el año 2007. Ahora sedan requisitos explícitos acerca de la separación entre edificaciones colindantes más acordes con la reglamentación urbana de las ciudades colombianas y para evitar la interacción nociva entre edificaciones colindantes durante un sismo. Capítulo A.7 — Interacción suelo-estructura

- Los requisitos de este Capítulo permanecen iguales a los del Reglamento NSR-98. Capítulo A.8 — Efectos sísmicos sobre elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica

- Los requisitos de este Capítulo permanecen iguales a los del Reglamento NSR-98 excepto en la forma como se evalúan las fuerzas sísmicas sobre los elementos en A.8.2.1.1.

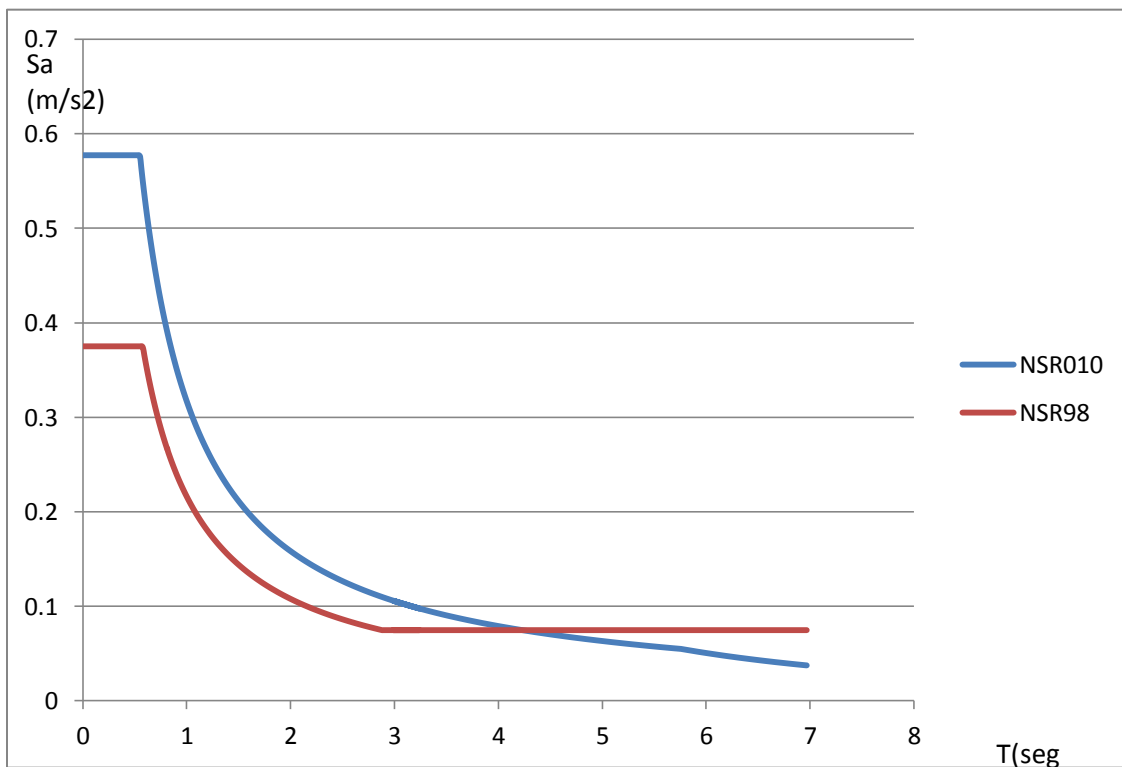
6. ANALISIS DE RESULTADOS

Es prioridad en este trabajo establecer las diferencias existentes entre las normas NSR98 y NSR10, que conllevan a cambios significativos en el diseño final de la estructura, por lo tanto describiremos paso a paso los parámetros establecidos por ambas normas que son tomados secuencialmente para el diseño de la estructuras.

Localización del nivel de amenaza sísmica

En general la división del territorio nacional en las diferentes zonas de amenaza sísmica establecida en la NSR10, sigue ubicando las diferentes regiones del país en el mismo grado de amenaza establecida en la NSR98, sin embargo existen notables diferencias en la ecuación utilizada para determinar el espectro de diseño para cada zona, para el caso que nos ocupa, o sea, una edificación de ocupación especial, de cinco niveles, ubicada en la ciudad de Santa Marta sobre un perfil de

COMPARACION DE ESPECTROS DE DISEÑOS NSR98 Y NSR10 EDIF 5 NIVELN (DMO)



suelos clasificado como D, se puede notar una gran diferencia en las aceleraciones para un mismo periodo de vibración.

DETERMINACIÓN DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA.

NSR 98

A través de una análisis modal obtenemos **$T = 0.9$** segundos

En la sección A.4.2.2, brinda la alternativa de $T_a = C_t \times H_n^{3/4}$

$C_t = 0.08$ para pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado y para pórticos de acero estructural con diagonales excéntricas (**nuestro caso**)

$$H_n = 15.55\text{m}$$

$$T_a = 0.63\text{ s}$$

$$T = T_a$$

$$\mathbf{T = 0.63\text{ s}}$$

y en la sección A.4.2.1 limita el valor del periodo T a $1.2 \times T_a$

$$T_{\max} = 1.2 \times 0.63\text{s} = 0.76\text{ segundos}$$

NSR10

Utilizando un modelo linealmente elástico con ayuda del software se determina el periodo fundamental de la estructura.

$$\mathbf{T = 0.89\text{ Seg}}$$

A.4.2.2 — Alternativamente el valor de **T** puede ser igual al período fundamental aproximado, **T_a** , que se obtenga por medio de la ecuación A.4.2-3.

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Tabla A.4.2-1

Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del período aproximado T_a

Sistema estructural de resistencia sísmica

Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.

C_t	α
0.047	0.9

$$T_a = 0.55 \text{ s}$$

En este caso tomaríamos el periodo de mayor valor, pero el NSR 10 en A.5.4.5 limita el valor del periodo obtenido a través del análisis modal a $C_u \times T_a$

$$C_u = 1.75 - (1.2 \times A_v \times F_v) = 1.462 : C_u \times T_a = 1.462 \times 0.55 \text{ s} = 0.81 \text{ s}$$

$$T < C_u \times T_a : T = 0.81 \text{ s}$$

Podemos notar que los cambios que trae la NSR10 en el procedimiento para obtención del periodo de la estructura, conllevan a trabajar con periodos mayores que permiten a su vez a través del espectro de diseño disminuir en cierto porcentaje la máxima aceleración de diseño S_a

GRADO DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA

La estructura analizada presenta irregularidad en planta del tipo 2P definida en la Tabla A.3.6 del NSR98 y NSR10

“La configuración de una estructura se considera irregular cuando ésta tiene retrocesos excesivos en sus esquinas. Un retroceso en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del retroceso, son mayores que el 15 por ciento de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del retroceso”

En este caso el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R queda reducido a:

$$R = R_o \times \Phi_a \times \Phi_p \text{ (A.3.3.3)}$$

$$R = 5 \times 1 \times 0.9 = 4.5 \text{ (NSR98 Y NSR10)}$$

Recordemos que este coeficiente divide el valor de las fuerzas sísmicas para el diseño de los elementos estructurales.

Si bien es cierto que la NSR010 es más estricta en los parámetros que determinan las irregularidades de las estructuras, en el caso de la edificación en estudio no se aprecia esta diferencia.

FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA POR AUSENCIA DE REDUNDANCIA Φ_R

Este es un nuevo concepto que trae la NSR10 pero que en nuestro caso particular no afectó el análisis de la estructura ya que está según los criterios establecidos en A.3.3.8.2 la estructura constituye un sistema redundante.

OBTENCION DEL CORTANTE BASAL.

NSR 98

Como nuestra estructura es irregular el NSR98 en A.5.4.5 obliga a hallar el cortante basal por el método de la fuerza horizontal equivalente

Con el valor del periodo y el espectro de diseño se obtiene el valor de la máxima aceleración de diseño:

$$S_{a(0.76)} = 0.313 \text{ m/s}^2$$

Masa total de la edificación = 4586.62 ton

$$V_s = 0.313 \times 4586.62 \text{ ton}$$

$$V_s = 1435.61 \text{ ton}$$

NSR010

Con las características físicas de la estructura preestablecidas, utilizando los principios de dinámica estructural y a través de un análisis modal obtenemos el cortante basal para cada dirección X y Y.

$$V_{s_x} = 1047 \text{ ton}$$

$$V_{s_y} = 1068 \text{ ton}$$

De igual forma, pero ahora utilizando el Método estático (FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE), obtenemos el cortante en la base:

$$T = 0.81\text{s}, \quad S_{a(0.81)} = 0.39 \text{ m/s}^2$$

$$V_s = 0.39 \times 4586.37\text{ton} = 1789 \text{ ton}$$

Para estructuras irregulares la NSR010 en A.5.4.5 permite usar como mínimo el 90% del cortante basal hallado con el método estático.

Ósea:

$$V = 0.9 * 1789 \text{ ton} = 1610.25 \text{ ton}$$

En este caso la modificación que trae la NSR 010 permite reducir el cortante basal en estructuras clasificadas como irregulares a un 90% del obtenido por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente, mientras que la NSR 98 para el mismo caso exige el 100%

TORCION ACCIDENTAL

La NSR10 en A.3.6.7 permite no considerar los efectos de torsión accidental si se realiza un análisis dinámico, mientras que la NSR98 no hace esta exclusión.

Haciendo un comparativo de los efectos que se generan en una de las vigas (Viga B2-3-segunda planta) al no incluir la torsión accidental podemos ver que los esfuerzos por momento flector disminuyen en un 3.5% y la fuerza cortante disminuye en un 2.25% y en una de las columnas (ColumnaB2- primer nivel), los momentos disminuyeron un 6% y las fuerzas cortantes un 5%.

COMBINACIONES DE CARGAS

También en las combinaciones de cargas la NSR010 en B.2.2 nos trae cambios apreciables, en nuestro caso particular se usó el método del estado límite de resistencia, por lo cual nos cobijan las combinaciones descritas en B.2.4.2, el más significativo lo vemos en la combinación de carga viva y carga muerta

NSR 98

$$1.4D + 1.7L$$

NSR 2010

$$1.2D + 1.6L$$

Asignándole un valor unitario a ambas cargas: $D=1$, $L=1$, tenemos

NSR98

$$1.4 + 1.7 = 3.1$$

NSR2010

$$1.2 + 1.6 = 2.8$$

Se observa una disminución en la NSR10 del 9.6% con respecto a la combinación de carga utilizada en la NSR98.

7. CONCLUSIONES

De igual forma que la mayoría de los ingenieros que se han dedicado a analizar los cambios que trajo la NSR10 con respecto a la NSR98, se puede afirmar que la NSR10 es más estricta con aquellas estructuras que de alguna manera están diseñadas con características geométricas poco recomendadas, manifestadas con irregularidades en planta, irregularidades en altura o ausencia de redundancia en su sistema estructural, sin embargo por otro lado al ser más detallista en estos puntos, permite también ceder en otros, tal como se pudo observar en el análisis de la estructura modelo de este estudio, que por sus características particulares hizo posible que se redujeran cuantitativamente, algunos parámetros determinantes en la consecución de las fuerzas de diseño.

El cambio del espectro de aceleraciones muestra inicialmente un aumento apreciable en el valor de la aceleración máxima de diseño. Sin embargo la determinación del periodo fundamental de la estructura y otros cambios que trajo la NSR10, permitió emparejar el cortante basal y consigo las fuerzas de diseño, obteniendo al final esfuerzos muy parecidos que no marcan una diferencia apreciable en el dimensionamiento y el valor de las cuantías de refuerzo a utilizar en la estructura al ser diseñada alternativamente por ambas normas.

8. GLOSARIO

ESTRUCTURA. Es un ensamblaje de elementos, diseñado para soportar las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales.

CARGAS: Son fuerzas u otras solicitaciones que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, los ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales, asentamientos diferenciales y restricción de cambios dimensionales.

CARGA MUERTA. Es la carga vertical debida al peso de todos los elementos permanentes, ya sean estructurales o no estructurales.

CARGA VIVA. Es la carga debida al uso de la estructura, sin incluir la carga muerta. Fuerza de viento o sismo.

FUERZAS SÍSMICAS. Son los efectos inerciales causados por la aceleración del sismo, expresados como fuerzas para ser utilizadas en el análisis y diseño de la estructura.

DURABILIDAD: Capacidad de una estructura o elementos estructural para garantizar que no se presente deterioro perjudicial para el desempeño requerido en el ambiente para el cual se diseñó.

RESISTENCIA: Capacidad de un elemento estructural para soportar las cargas o fuerzas que se le apliquen.

ESTRATO: Cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos, las rocas sedimentarias y las rocas metamórficas que derivan de ellas, cuando esas capas se deben al proceso de sedimentación. La rama de la Geología que estudia los estratos recibe el nombre de Estratigrafía.

SISMO: Se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico

RIGIDEZ: Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

LOSA: Una losa es aquella que cubre tableros rectangulares o cuadrados cuyos bordes, descansan sobre vigas a las cuales les transmiten su carga y éstas a su vez a las columnas.

DEFORMACION: es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

CIMENTACION: Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

PERIODO DE VIBRACION: Es el tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico ondulatorio, o vibratorio, para que este se repita.

PISO: Es el espacio comprendido entre dos niveles de una edificación

PORTICO: Es un conjunto de vigas, columnas y, en algunos casos, diagonales, todos ellos interconectados entre sí por medio de conexiones o nudos que pueden ser, o no, capaces de transmitir momentos flectores de un elemento a otro.

PROBABILIDAD: Es el coeficiente del número de casos que realmente ocurren, dividido por el número total de casos posibles.

VULNERABILIDAD: Es la cuantificación del potencial de mal comportamiento de una edificación con respecto a alguna sollicitación.

DERIVA DE PISO. Es la diferencia entre los desplazamientos horizontales de los niveles entre los cuales está comprendido el piso.

9. BIBLIOGRAFIA

NSR-98. "Norma Sismorresistente, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Colombia. 1998. Titulo A.

NSR-98. "Norma Sismorresistente, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Colombia. 1998. Titulo B.

NSR-10. "Norma Sismorresistente, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Colombia. 1998. Titulo A.

NSR-10. "Norma Sismorresistente, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Colombia. 1998. Titulo B.

Asociación colombiana de ingeniería sísmica "historia"

JUAN CAMILO GÓMEZ CANO structural design procedures based on nsr-98 errors, examples and update proposals

ANEXOS

Resultados finales según la nsr-98, obtenidos mediante software EngSolutions
RCB versión 7.2.3

Resultados finales según la nsr-10, obtenidos mediante software EngSolutions
RCB versión 8.2.1